DIE NATURWISSENSCHAFTEN

23. Jahrgang | 30. August 1935 | Heft 35

Herr Dr. ARNOLD BERLINER hat mit dem vorigen Heft seine Tätigkeit als Herausgeber der NATURWISSENSCHAFTEN, die er zusammen mit C. THESING begründet und fast 23 Jahre hindurch verantwortlich geleitet hat, abgeschlossen. In dieser langen Zeit hat Dr. BERLINER tatkräftig das Ziel verfolgt, den Vertretern der zahlreichen, zuweilen auseinanderstrebenden naturwissenschaftlichen Einzelgebiete die Möglichkeit einer gegenseitigen Orientierung und Verständigung zu bieten und so die wissenschaftliche Forschung zu fördern. Dieses Ziel ist in dem vergangenen Vierteljahrhundert voll erreicht worden. Es ist Dr. BERLINER gelungen, die Zeitschrift auch über die Kriegsjahre und die anschließende Zeit, in der die deutsche Wissenschaft schwer um ihre Anerkennung zu ringen hatte, hinwegzuführen und das gegenseitige Verständnis der Wissenschafter aller Länder zu fördern.

Die *Preußische Akademie der Wissenschaften* hat im Jahre 1928 Dr. BERLINER in Würdigung seiner für die Entwicklung der Wissenschaft bedeutungsvollen Tätigkeit die Silberne Leibniz-Medaille verliehen und damit ihre Anerkennung seiner „fast unentbehrlichen und erfolgreichen Mitarbeit an der Deutschen Wissenschaft" — wie MAX RUBNER zur Begründung der Auszeichnung sagte — zum Ausdruck gebracht. Von der *Technischen Hochschule in Aachen* wurden seine Leistungen durch die Verleihung der Würde eines Dr.-Ing. e. h. anerkannt.

Die Redaktion der Naturwissenschaften:
H. MATTHÉE.

Die Verlagsbuchhandlung
JULIUS SPRINGER.

Die Entstehung des Erdöls.

Von KARL KREJCI-GRAF, Berlin.

Die Frage der Entstehung der in der Natur vorkommenden Stoffe wird nicht dadurch gelöst, daß man im Laboratorium dieselben Stoffe erzeugt. Laboratoriumsversuche können nur Möglichkeiten aufzeigen; um den tatsächlich von der Natur beschrittenen Weg zu finden, müssen alle Begleitprodukte und Begleitumstände mit berücksichtigt werden. Diese Begleitprodukte und Begleitumstände müssen in *wesentliche* und *zufällige* geschieden werden. Dazu ist eine statistische Erfassung möglichst verschiedener Vorkommen nötig.

1. Statistik der geologischen Umgebung des Erdöls.

Bei den Erdöllagerstätten ergibt eine derartige statistische Erfassung die Unabhängigkeit von den aus feurigem Fluß erstarrten Magmagesteinen; von Gesteinen, die in große Erdtiefen versenkt waren oder unter hohem Gebirgsdruck gestanden sind; von Gegenden, an denen der tiefere Untergrund der Erdkruste an die Oberfläche kommt; von Vulkangegenden, in denen eine freie Verbindung zwischen der Erdtiefe und der Erdoberfläche besteht (oder im Falle von vorzeitlichem Vulkanismus bestanden hat). Das Erdöl ist vielmehr an Ablagerungsgesteine von geringem Umbildungsgrad gebunden, von denen aus es gelegentlich auch einmal in angrenzende Gesteine der oben geschilderten Typen eindringt; doch sind dies stets nur Ausnahmefälle.

Reiche Öllagerstätten führen fast stets in mehreren untereinanderliegenden Schichten Öl. Daher lassen sich an den Lagerstätten eines beschränkten Gebietes oder mehrerer willkürlich zusammengesuchter Gebiete, innerhalb des (oft tausend oder mehrere tausend Meter mächtigen) ölführenden Schichtstoßes, Gesteine jeder beliebigen Ausbildung finden; auf diese Art wurde eine Abhängigkeit der Öllagerstätten, z. B. von Kohlen, Brackwasserablagerungen usw., behauptet. Diese angeblichen Beziehungen erscheinen aber sofort als zufällig (akzessorisch), wenn man beachtet, daß solche Ablagerungen vielen Erdöllagerstätten fehlen; daß diese Ablagerungen, wo sie sich in ölführenden Schichtfolgen finden, völlig regellos auftreten, in einem Gebiet im obersten, in anderen Gebieten im untersten oder einem mittleren Teile der ölführenden Schichtfolge; daß ferner solche Brackwasserablagerungen, Kohlen usw. außerhalb der erdölführenden Gebiete unter denselben regionalen und tektonischen Bedingungen (Höhenlage, Umgebung, Faltung usw.) ohne Erdöl vorkommen und daß diese erdöl*freien* Vorkommen über die erdöl*führenden* weitaus überwiegen; daß endlich Erdöl sich ebensogut in Ablagerungen findet, deren Bildungsbedingungen denen der Brackwasserablagerungen, Kohlen usw. diametral entgegengesetzt sind (z. B. in Ablagerungen trockener Räume, süßen Wassers, normalen Meerwassers und hochkonzentrierter Salzseen; in Ablagerungen, in denen sich nicht nur keine Spur organischer Substanz erhalten hat, sondern in denen ihrer Natur nach Kohlebildung unmöglich ist: Ablagerungen der Hochsee, der Wüste, Flußschotter usw.). In weiterer Verfolgung der statistischen Beziehungen zwischen der Natur der ölführenden Gesteine und der Ölführung ergibt sich das Fehlen jeden gesetzmäßigen Zusammenhanges

(sofern wir, wie oben, auf Erdöl-*Lagerstätten* und nicht auf winzige Öltröpfchen abstellen); Gesteine *jeglicher* Natur (Magmagesteine, unter hohem Druck und/oder hoher Temperatur umgebildete Gesteine, Ablagerungsgesteine jeglicher Art, jeglicher Zusammensetzung, jeglichen Ablagerungs- und Lebensraumes) treten in beschränkten Gebieten erdölführend, in weitester Verbreitung erdölfrei auf. Wo aber reichere Erdöllagerstätten in einer Schicht auftreten, dort findet sich — am selben Ort oder in benachbarten Orten — fast stets auch Erdöl in tieferen oder höheren Schichten. Dabei nimmt die seitliche Ausdehnung der Erdölführung (bei einigermaßen gleicher Größe der Poren der ölführenden Gesteine) von unten nach oben ab. In gleicher Weise nimmt der Paraffingehalt ab (außer in Spalten und nahe der Oberfläche, wo sich das Paraffin infolge Verdunstung der leichten Bestandteile anreichert und infolge Verharzung autokatalytisch neubildet; Endglied Ozokerit = Erdwachs). In Erdöllagerstätten, die wesentlich aus Methanölen (Alkanen) bestehen, nimmt auch die Färbung und das spezifische Gewicht nach oben ab (während bei Naphthenölen, infolge der von oxydierenden Oberflächeneinflüssen bedingten Naphthenbildung, das spezifische Gewicht gegen die Oberfläche zunimmt, wobei schließlich an der Oberfläche Asphalte die Endglieder bilden). Die Abnahme der Reichweite der Ölführung und die Abnahme des Paraffingehaltes in höheren Schichten, die Abnahme des spezifischen Gewichtes der Methanöle nach oben und die Überlagerung schwarzer Methanöle durch hellere lassen sich unter Annahme einer Einwanderung der Öle von unten nach oben unter Filtrierung verstehen. Während aber eine geringe Dicke von Filtererde für solche Filterungen genügt, liegt in der Natur zwischen den schwarzen und den wein- oder wasserfarbigen Ölen (Naturbenzinen) ein Abstand von mehreren hundert Metern; denn das Öl wandert nicht durch die Poren der Tone, sondern auf Klüften, die man in fossilem Zustand gelegentlich, erfüllt von Asphalt, Ozokerit, Sandstein, Kalk u. dgl., findet. Nicht die innere Oberfläche der Tone, sondern nur die Oberfläche der Kluftwände kommt daher für die Adsorption in Frage. Bei Annahme einer Wanderung des Öls wird auch verständlich, warum selbst in benachbarten Lagerstätten, ja selbst in Teilen eines und desselben geologischen Gebildes (z. B. Flanken eines Salzstocks) dieselbe Schicht bei völlig gleicher Ausbildung hier Öl enthält und dort nicht; warum ferner die tieferen Schichten öfter und in reichlicherem Maße Öl führen als die höheren (einigermaßen gleiche Porengröße vorausgesetzt); warum endlich die Ölführung nur dort in höhere Schichten hinaufreicht, wo starke Zerrüttungszonen die Gesteine vertikal durchsetzen (z. B. reicht an rumänischen Salzstöcken die Ölführung bis ins Oberpliocän: Daz und Levantin), während bei geringer Beanspruchung der Gesteine die Ölführung auf tiefere Schichten beschränkt bleibt (in den einfachen Antiklinen Rumäniens geht die Ölführung nicht über das Unterpliocän hinaus).

Im Verfolg dieser Zusammenhänge kommen wir dazu, unterhalb der Erdöllagerstätten nach jenen Gesteinen zu suchen, aus denen das Erdöl ausgewandert sein könnte. Es ist klar, daß ein solches Suchen von vornherein nur *dort* Erfolg verspricht, wo natürliche oder künstliche Aufschlüsse uns eine Kenntnis jener Gesteine vermitteln, die *unterhalb* der ölführenden Schichten liegen. In diesem Falle finden wir stets irgendwo unterhalb der ölführenden Schichtfolge marine Gesteine kalkiger oder toniger Natur, welche von festem schwarzen, adsorptiv gebundenen Bitumen (Polybitumen) erfüllt sind und die oft Öltröpfchen führen; diesen Gesteinen fehlt jedes Anzeichen von am Boden lebenden Tieren oder Pflanzen, während Reste von schwimmenden oder treibenden Lebewesen nicht selten erhalten sind; Gerüsteiweiße (Chitin, Horn) haben sich erhalten, Kalkschalen (und zum Teil selbst Kieselschalen) sind der Auflösung anheimgefallen. Außer dem schwarzen Polybitumen ist Schwefeleisen ein charakteristischer Bestandteil dieser Gesteine. Von seteneren Stoffen sind V, Cu und mehrere andere Elemente für sie charakteristisch.

Soweit konnte man mit der statistischen Zusammenschau ölgeologischer Beobachtungen kommen. Gleichzeitig mit der Sammlung dieses Materials lief das Studium heutiger Meeres- und See-Ablagerungen, der Geochemie der Erdöllagerstätten usw. Die verschiedenen Beobachtungsreihen liefen schließlich zusammen.

2. Gesetze der Anreicherung organischer Substanzen.

In Seen wie im Meere reichert sich organische Substanz nur an, wenn das umgebende Medium arm oder frei von Sauerstoff ist (sonst verwest die organische Substanz zu Wasser, Kohlendioxyd, Methan, Ammoniak, Schwefelwasserstoff usw.). Im Falle der Sauerstoffarmut reichern sich besonders Gerüststoffe an (Lignin, Pentosan, Chitin, Horn) sowie andere stabile Stoffe (Humusstoffe, Fette, Wachse, Harze); von stabilen Stoffen umschlossene labile Stoffe können unter eigenartigen Umbildungen erhalten bleiben (Zellulose in Ligninhüllen; Leichenwachsbildung aus fettumhülltem Eiweiß). Im Falle der Sauerstofffreiheit bleiben *außerdem* auch ungeschützte *labile* Stoffe (evtl. bei bakterieller Umbildung) erhalten.

a) Süßwasserablagerungen.

Diese Verhältnisse sind zunächst an Sümpfen und Seen mit Hinblick auf die Entstehung der Kohlen studiert worden. Anhäufungen von Kormophytensubstanz, die (im *Sumpf*) zunächst unter schwachem Sauerstoffeinfluß stehen und erst später (abgedichtet durch neugebildete höhere Lagen organischer Substanz) völlig gegen Sauerstoff abgeschlossen werden, werden zu Torf und Kohle. Unter den Anhäufungen organischer Sub-

stanz in *Seen* lassen sich 3 Typen unterscheiden: 1. Ausflockungen von Humussubstanzen (Dy, Lebertorf); 2. Gyttja; 3. Sapropel. *Gyttja* und *Sapropel* sind Ablagerungen von pflanzlichem und tierischem Zerreibsel (und von ganzen Individuen, z. B. Algengyttja), zusammen mit mehr oder weniger großen Mengen anorganischer Substanz (vorwiegend Tontrübe). *Gyttja* lagert sich in stillem, aber noch etwas sauerstoffhältigem, Wasser ab; die oberste Schicht wird daher *oxydativ* umgewandelt, sie ist *braun*; erst das Material tieferer Schichten befindet sich, infolge der Sauerstoffaufzehrung in der obersten Schicht, unter Sauerstoffabschluß; infolge der bakteriellen Schwefelabspaltung sind diese tieferen Schichten *schwarz* von Schwefeleisen. Die sauerstoffhaltige oberste Schicht wird häufig von Sediment- und Detritusfressern bevölkert, deren Schächte oft in die reduzierte Schicht hineinreichen. *Koprogene* Umbildung ist für die Gyttjen charakteristisch; sie fehlt nur dort, wo in kurzer Zeit große Mengen organischer Substanz abgelagert werden, weil dabei die tieferen Schichten von den höheren geschützt werden, ehe Zeit für die Ansiedlung von Bodentieren vorhanden ist; solche Massenablagerungen können sich jahreszeitlich oder episodisch wiederholen (z. B. Algengyttjen). — Ein grundsätzlich verschiedener Ablagerungstyp bildet sich aus demselben Ausgangsmaterial, wo es unter Sauerstoffabschluß in schwefelwasserstoffführendem Wasser abgelagert wird; es ist dies der *Sapropel*. Der wesentliche Unterschied zwischen Sapropel und Gyttja besteht darin, daß bei der Gyttja die Grenze zwischen Oxydations- und Reduktionszone in der Gyttja selbst verläuft, während beim Sapropel diese Grenze *im Wasser* über der Ablagerung liegt. Da die Sauerstofffreiheit durch die Oxydation des organischen Materials bedingt wird, verlangen also Sapropele wie Gyttjen eine gewisse Menge von organischem Material. Bei Durchmischung des Wassers (Strömungen, Seegang) wird Sauerstoff zugeführt; bei starker Durchmischung verwest die organische Substanz (z. B. in Sanden, deren grobe Körner nur bei stärkerer Wasserbewegung zugeführt werden können); bei schwacher Wasserbewegung (wenn nur mehr Tontrübe und die spezifisch leichten organischen Substanzen zugeführt werden) bildet sich je nachdem Gyttja oder Sapropel. Der wesentliche Schnitt liegt dort, wo infolge sehr geringer Durchlüftung die Reduktionszone die Oberfläche des Sediments erreicht; denn dann wird Schwefelwasserstoff in das Wasser abgegeben, es wird vergiftet und sein Sauerstoff aufgezehrt. Jegliches Bodenleben, mit Ausnahme von anaeroben Bakterien, fällt aus. Sapropel[1] wird daher *nur* reduktiv und *nur* bakteriell umgebildet.

[1] Der Ausdruck *Sapropel* ist hier so gebraucht, wie er prioritätsgemäß nach LAUTERBORN und der limnologischen Literatur definiert ist; die andersartige Definition durch H. POTONIÉ, und die Einführung des Synonyms „Eusapropel" durch R. POTONIÉ, müssen schon nach den Prioritätsregeln fallen; außerdem haben sie den Gebrauch der Fachliteratur gegen sich (WASMUND).

Wir fragen uns nun, was wird aus diesen See-Ablagerungen in fossilem Zustand? Zunächst läßt sich sagen, daß wir nur beim Sapropel die Anreicherung solcher Elemente (N, Metalle) und Moleküle (Chlorophyll usw.) finden, deren Anreicherung wir auch vom Erdöl und den Erdölbitumina kennen. Die Struktur der Kohlen und die in den Kohlen erhaltenen Pflanzenreste zeigen, daß sich unter den Kohlen verschiedene Typen von Torf, Dy und Gyttja finden, bis zur Algengyttja der Bogheads. Die See-Sapropele finden wir als Brandschiefer oder Kohlenölschiefer (Fushun, Messel bei Darmstadt) wieder. Doch finden wir nirgends eine regelmäßige Beziehung zwischen See-Sapropeliten und Erdöllagerstätten (wohl aber finden sich gelegentlich Öltröpfchen auch in Kohlenölschiefern u. dgl.). Ausgedehnte See-Ablagerungen, in denen Kohlen jeder Art (einschl. typischer Sapropelkohlen) und Ablagerungen verschiedenster Wassertiefen vorliegen, sind frei von Erdöl. Nur wo solche See-Ablagerungen in ein (auch außerhalb der See-Ablagerungen ölführendes) Ölgebiet reichen (Fig. 1), findet sich Erdöl gelegentlich auch in solchen See-Ablagerungen: zufällig (d. h. nicht durch den Charakter der See-Ablagerungen bedingt, sondern durch eine andersartige Ursachenreihe: Tektonik) mag die, vertikal (stockartig) die Schichten durchsetzende, Ölführung bis in diese Schichten reichen. Es ist auch keineswegs so, als ob Ölführung und Kohleführung innerhalb der See-Ablagerungen einander ausschlössen; vielmehr übergreifen Ölführung und Kohleführung einander sowohl in horizontaler wie in vertikaler Richtung, und die Kohlen können ebensowohl innerhalb der ölführenden Schichtfolge als in ölfreien Schichten *darunter* (Galizien) oder *darüber* (Becken von Moineşti) liegen. Aus tiefen Ölbohrungen wurden unveränderte Kohlen heraufgebracht, *unter* denen und *über* denen reiche

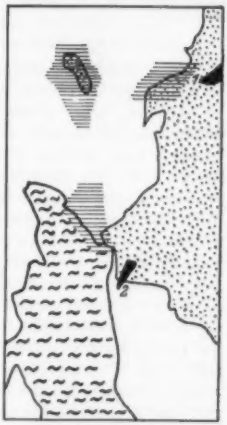

Fig. 1.

Die Ablagerungen des unterpliozänen Sees von Moineşti (rumänische Moldau) führen in den tieferen Schichten (Mäot) stellenweise Öl, in den höheren Schichten (Pont) überall Kohle. Weiß: marines Alttertiär (Decken); gepunktet: marines Miozän; Schlangen: Ablagerungen des unterpliozänen Süßwassersees, mit Kohlen; Schraffen: Erdöl; schwarz: Orte: 1 Solonţu, 2 Moineşti.

Öllagerstätten lagen. Die Kohlen unterhalb der Überschiebungsdecken der Nordkarpathen sind chemisch unverändert (PETRASCHECK). Die hauptsächlichen ölführenden Horizonte Rumäniens liegen 600 und mehr Meter tief *unter* den Kohlen. In vielen Ölgebieten der Erde gibt es nicht nur keine Kohlen, sondern überhaupt nur *meerische* Ablagerungen. Endlich finden wir zwar in den See-Sapropeliten gelegentlich *viele* Stoffe angereichert, die auch im Erdöl angereichert sind, aber nicht *alle* diese Stoffe; einen wesentlichen Unterschied scheint der Gehalt an Jod und Brom anzuzeigen, die in Begleitwassern des Erdöls angereichert sind, während sie in Süßwasser-Ablagerungen nur spärlich vorkommen. Ausschlaggebend aber ist die *statistische Feststellung des Fehlens jeder regelmäßigen Beziehung zwischen Erdöllagerstätten und See-Ablagerungen*, einschl. der in Süßwasserseen gebildeten Sapropelite.

b) Meeres-Ablagerungen.

Während das Studium der See-Ablagerungen schon lange betrieben wird und weitgehend ausgebaut ist, sind ähnliche Untersuchungen über Meeres-Ablagerungen nur in geringer Zahl vorhanden und blieben in der Ölgeologie zunächst unbeachtet. Auch unter den organogenen Meeres-Ablagerungen können wir Gyttjen und Sapropele unterscheiden. Die Anreicherung der organischen Substanzen in Ablagerungen stillen Wassers, das Verschwinden der Bodentiere und Bodenpflanzen (mit Ausnahme der Bakterien) an solchen Stellen, an denen die schwarze Reduktionszone bis an die Ablagerungsoberfläche reicht, wurden schon ab 1911 von PETERSEN und seinen Mitarbeitern beschrieben. Die Untersuchungen BRANDTS über die chemische Zusammensetzung des Planktons lieferten die Grundlage für eine Beurteilung der chemischen Veränderungen in den jungen Ablagerungen. Außer der Dänischen Biologischen Station (PETERSEN, JENSEN, BLEGVAD) befaßten sich RABEN, MOORE, WETZEL, HECHT und H. SCHMIDT mit meerischen Ablagerungen vom Gyttjatypus, die aber sehr arm an organischen Substanzen waren. Von ausschlaggebender Bedeutung waren die Untersuchungen der Schwarzmeerexpeditionen der U.S.S.R. (ARCHANGELSKI), deren Ergebnisse seit 1927 erscheinen; diese Untersuchungen beziehen sich auf das größte Sapropelgebiet der Erde. — In Unkenntnis dieser Untersuchungen wurden von seiten des American Petroleum Institute (P. D. TRASK) 2000 Sedimentproben aus allen Meeren auf ihren Gehalt an organischer Substanz untersucht. Für diese (zum Zwecke des Studiums der Ölbildung angesetzten) Untersuchungen wurden die Proben ohne Rücksicht auf die Gesetze der Anreicherung organischer Substanz entnommen. Auf diese Weise wurde zwar ein absolut voraussetzungsloser Weg beschritten, der aber infolge des geringen Anteils kohlenwasserstoffreicher Ablagerungen am Meeresboden nach den Wahrscheinlichkeitsregeln ein in bezug auf das Thema (Ölentstehung) wesentlich negatives Resultat liefern mußte; d. h. es wurde gezeigt, daß in den verschiedensten untersuchten Ablagerungen organische Substanz nur in verschwindenden Mengen vorhanden ist. Zu dem negativen Resultat mag der Umstand beigetragen haben, daß vielfach alte Proben untersucht wurden, während RABEN und BRANDT ihre nicht an Ort und Stelle auf Stickstoff untersuchten Proben schon für den Transport bis zum Hafen vergifteten (bei den von TRASK miteinander verglichenen sehr armen alten und frischen Proben, bei denen sich kein Unterschied des organischen Gehaltes zeigte, mag die Tontrübe die Abdichtung im Probengefäß geleistet haben; bei höheren Gehalten entfiele diese Abdichtung wegen der Sperrigkeit der Teilchen, des Gasauftriebs usw.).

Die Ergebnisse aller dieser Untersuchungen sind kurz folgende: Die organische Substanz reichert sich zusammen mit dem feinen Korn an, d. h. in ruhigem Wasser, also in Buchten, engen Meeresstraßen, aber auch in Tiefstellen (Kolken, Mudlöchern) des freien Meeres. Sande sind arm an organischer Substanz; das gilt selbst für die Sande der dänischen *Zostera*wiesen: das losgerissene *Zostera*material wird in den tonigen Tiefstellen der Fjorde abgelagert; der Lebensraum der *Zosterawiesen* liefert einen Sand, in dem die organische Substanz verwest. — Delta-Ablagerungen und Watten-Ablagerungen sind arm an organischer Substanz; ebenso die Tiefsee-Ablagerungen der großen Ozeane, da die organische Substanz beim Sinken durch die mächtige Säule sauerstoffhaltigen Wassers verwest. Dagegen sind die Tiefsee-Ablagerungen des Schwarzen Meeres (große Gebiete unterhalb 2000 m) sehr reich an organischer Substanz, da nur die obersten 100 m des Wassers sauerstoffhaltig sind (gleichzeitig zeigen die Verhältnisse, daß sich große Mächtigkeiten mariner Sapropele ablagern können, ohne daß hierzu eine gleichzeitige Senkung des Meeresbodens stattfinden muß). In der geologischen Vergangenheit gibt es Zeiten, in denen Ablagerungen vom Schwarzmeertypus überwogen (*saprokrate* Perioden nach H. SCHMIDT; z. B. im Obersilur); bei Abwesenheit der kalten Polarströmungen kann wohl auch ein ganzer Ozean eutrophieren, indem die sonnenbestrahlten sauerstoffaufnehmenden Oberschichten mit den schweren kalten Tiefenwassern nicht durchmischt werden und der nicht ergänzte Sauerstoffgehalt der Tiefenwasser bei der Verwesung der absinkenden organischen Substanzen aufgezehrt wird.

Die Ablagerungen des Schwarzen Meeres sind (mit Ausnahme der Küsten) Sapropelite (meist Sapropeltone, aber auch Sapropele mit 23—35% organischer Substanz). Auch in den dänischen Buchten (Roskilde) fanden sich Sapropele (mit 86% Wasser und 10% organischer Substanz im Trockenrückstand). Sonst sind die Ablagerungen der dänischen Buchten, wie die der Clydesee, als Gyttjatone zu bezeichnen; die braune Oxydationszone liefert die Nahrung, das Überbodenwasser

den Sauerstoff für ein Bodenleben, dessen Tätigkeit sich im Sediment zum Teil durch Koprolithe verrät. Unter solchem Benthos (= Bodenleben) finden sich nicht nur Schlammfresser, sondern auch Plankton- und Detritusfischer, die aus dem freien Wasser winzige tote und lebende Partikelchen fischen; die Exkremente solcher Fischer sind reicher an organischer Substanz als das umgebende Sediment; trotzdem sind sie so arm an organischer Substanz, daß sie nur beim Vergleich mit den armen Watten-Ablagerungen usw. überhaupt als Anreicherungen hervortreten; keinesfalls könnten solche koprogene Ablagerungen mit ihren wenigen Prozent organischer Substanz (von der ja bei der Umbildung noch beträchtliche Mengen abfallen) ein auch nur nennenswert bituminöses Gestein liefern. Selbst in den schwarzen miozänen Glimmertonen Norddeutschlands nimmt der Bitumengehalt (bestimmt durch Prof. STOCKFISCH, dem ich auch hier danken möchte) von 0,2% in den Gyttjatonen, auf 0,5—0,9% in den Sapropeltonen, deutlich zu. In den Gyttjatonen der Clydesee und des Jadebusens nimmt der Stickstoffgehalt der Ablagerungen von oben nach unten ab; in den sapropelitischen Ablagerungen des Schwarzen Meeres nimmt der Stickstoffgehalt unterhalb der Ablagerungsoberfläche zunächst zu, dann ab. Das Verhältnis C : N ist in Gyttja-Ablagerungen hoch (im Mittel etwa 10—11); im Durchschnitt äußerst armer Ablagerungen etwas niedriger (8,4 nach TRASK); in Sapropel-Ablagerungen niedrig (bis 4 im Schwarzen Meere). Auch Phosphate erhalten sich in Gyttja-Ablagerungen, und zwar nimmt in der Clydesee der Gehalt innerhalb der Ablagerung nach unten zunächst zu, dann ab. Die Gyttjatone der dänischen Buchten sind fast frei von Cellulose, enthalten aber Pentosan; in den Ablagerungen des Schwarzen Meeres findet sich Pentosan und ein sehr bemerkenswerter Chlorophyllgehalt. Bei völligem Sauerstoffabschluß bleiben auch labile Eiweißstoffe erhalten; bei größerer Sauerstoffarmut bleiben wenigstens die Gerüsteiweiße erhalten (Horn, Chitin); Fett erhält sich unter völligem Sauerstoffabschluß durch Jahre unverändert, während es bei beschränktem Sauerstoffzutritt in wenigen Monaten unter Bildung von Leichenwachs (Fettsäuren und deren Salze) zerfällt; auch vom Fett eingehülltes Eiweiß geht unter diesen Umständen in Leichenwachs über; die Leichenwachsbildung erfolgt noch bei so hohen Sauerstoffgehalten, daß Hornsubstanzen verschwinden. V, Cu und andere Elemente reichern sich im Sapropel im Gegensatz zur Gyttja an; diese Anreicherungen stehen nicht im *allgemeinen*, wohl aber innerhalb eines und desselben Ablagerungsraumes in Beziehung zum Reichtum an organischer Substanz.

Von allen bis heute untersuchten meerischen Ablagerungen hat der Sapropelschlamm des Schwarzen Meeres die höchsten Gehalte an organischer Substanz (23—35%); in dieser Ablagerung finden wir auch jene Elemente (z. B. N, V, Cu) und Moleküle (z. B. Chlorophyll) angereichert, deren Anreicherung uns auch von den fossilen polybituminösen Gesteinen und vom Erdöl bekannt ist. Die dem Schwarzen Meer benachbarten Öllagerstätten am Kaukasus stehen in enger Verbindung mit miozänen und pliozänen Ablagerungen vom Schwarzmeertypus. Wir stimmen ARCHANGELSKI zu, daß diese Ablagerungen Ölmuttergesteine sind und daß im Sapropelschlamm des Schwarzen Meeres der heutige Vertreter des Typus der Ölmuttergesteine zu sehen ist. Dagegen besteht nach KALITZKIS und unseren Erfahrungen kein Zusammenhang zwischen dem Bitumgehalt (wenn er nur überhaupt zur Sättigung des Gesteins ausreicht) und dem Grad der Ölhöffigkeit eines Muttergesteins. Vielmehr spielt hier offenbar auch die Art des Bitumens eine große Rolle, diese aber hängt von der Natur der Ausgangsstoffe und vor allem von der Art der Umbildung ab. So scheinen z. B. Kerogen und durch Kalke asphaltiertes Bitumen nur sehr schwer (vielleicht nur durch Lösung) mobilisierbar zu sein. Es ist denkbar, daß der Grad der Anreicherung schwer beweglicher Elemente oder Moleküle einmal einen Anhaltspunkt für den Grad der Abwanderung der leichtbeweglichen Bitumina geben könnte.

Reiches Bodenleben (Benthos) findet sich nur auf mineralischen Ablagerungen und Gyttjen. Der reduzierte Schlamm, der in den Sapropelen die Oberfläche erreicht, enthält äußerst wenig verdauliche Stoffe. Benthosreiche Ablagerungen zeigen daher Bedingungen an, welche für die Erhaltung organischer Substanz ungünstig sind. Fossilreiche Ablagerungen sind meist ölfrei, nur selten (wo sie „zufällig" in den Bereich eines Ölstockwerks geraten) führen auch sie Öl wie jedes beliebige andere Gestein. — Aber auch die Menge der erhaltenen Skelette schwimmender oder treibender Lebewesen steht in keiner Beziehung zum Bitumenreichtum einer Ablagerung. Schalen-Ablagerungen in sauerstoffhaltigem Wasser sind selbstverständlich praktisch frei von organischer Substanz (Globigerinenschlick, Radiolarienschlick, Schreibkreide). Aber auch in Ablagerungen vom Schwarzmeertypus trifft dies zu: die fast nur aus Schalen von Diatomeen (untergeordnet Silikoflagellaten, Radiolarien) bestehenden Diatomite des rumänischen Oligocäns sind weiß und bitumenfrei; die aus solchen Ablagerungen frühdiagenetisch entstandenen Kieselschiefer[1] enthalten nur ganz geringe Mengen färbenden Bitumens. Offenbar ist es die Sperrigkeit der Kieselskelette, die eine Zirkulation von Wasser und Sauerstoff und damit die Verwesung ermöglicht; denn vorquartäre reine Diatomeengesteine liegen fast stets bitumenfrei vor (was zum Teil wie bei rezenten ähnlichen Vorkommen auf Ablagerung leerer Schalen zurückgeführt werden kann); erst bei Vorwiegen von Ton enthalten sie Bitumen. — Selbst die Fisch-

[1] Nicht Menilith! Menilith ist ein Opal, die Kieselschiefer sind Chalcedon.

skelette liegen im Schwarzen Meer, wie in fossilen Ablagerungen vom Schwarzmeertypus „nackt" vor, d. h. in ihrer nächsten Umgebung findet sich nicht *mehr* organische Substanz bzw. Bitumen als sonst im Sediment. Zwischen der Fossilführung und dem Bitumenreichtum besteht eher eine negative Beziehung: bitumenreiche Gesteine enthalten wenig oder keine erkennbaren organischen Reste, fossilreiche Gesteine sind arm oder frei von ortständigem (authigenem) Bitumen.

Nicht selten findet sich Öl in Hohlräumen nach aufgelösten Schalen oder Schalentrümmern und anderen Skeletteilen; hier ist das Öl eingewandert: denn zunächst muß die Schale *beiderseits* (also auch auf der Seite, wo ursprünglich der Weichkörper lag) in Sediment eingebettet sein, dann muß das Sediment erhärten, dann muß die Schale gelöst werden und dann erst kann die Füllung mit Öl erfolgen. Auch Erdöl, welches den ursprünglich vom Weichkörper eingenommenen Hohlraum von Tier- oder Pflanzenskeletten erfüllt, kann hier nicht entstanden sein; denn der Weichkörper füllt die Hohlräume nicht aus (wasser- oder lufterfüllte Hohlräume); die organische Substanz besteht zu 70, 80 und mehr Prozent aus Wasser, und von den Kohlenwasserstoffen fällt ein Teil bei den Umbildungen als Wasser, Gase usw. ab. Der Weichkörper eines Tieres oder einer Pflanze könnte nur eine dünne Bitumenhaut als Auskleidung des Hohlraumes liefern.

3. Ölmuttersubstanzen.

Die Chemiker haben uns gezeigt, daß praktisch aus *allen* organischen Substanzen Kohlenwasserstoffe erzeugt werden können, die auch in den Erdölen vertreten sind; insbesondere gelingt es, bei Desoxydierung und Hydrierung unschwer zu Methanölen (flüssigen Alkanen) zu kommen. Solche Versuche sind natürlich keinerlei Beweis dafür, daß die fraglichen Ausgangsstoffe auch in der Natur zu den Ölmuttersubstanzen gehören.

Erdölähnliche Stoffe wurden erzeugt aus: Fetten (ENGLER, WELLS und ERICKSON, SEYER); Öl-, Palmitin-, Stearinsäure (ZELINSKI); Fischölen (KOBAYASHI); Leinöl (MAIHLE); Terpentinöl (FREUND); Bienenwachs (ZELINSKI); Harzen, Harzsäuren, Abietinsäure, Betulin, Kolophonium (ZELINSKI); Rohkautschuk (KOETSCHAU); Zellulose (BERL); Zucker (HACKFORD); Cholesterin, Phytosterinen (ZELINSKI); verfaultem *Sphagnum*, verfaulter Hefe und Eiweiß (TERRES); Bogheads, Sapropeliten (ZELINSKI) u. a. m.

Von den 3 Hauptgruppen organischer Substanzen wurde zuerst den *Fetten* ein ausschlaggebender Anteil an der Ölbildung zugeschrieben; da aber Fette in der lebenden organischen Substanz meist nur wenige Prozente ausmachen und im Sediment eher in noch geringerer Menge vertreten sind (sie schwimmen auf dem Wasser: Schaumstreifen des Meeres und der Seen), spielen sie sicherlich keine wesentliche Rolle bei der Ölbildung, obwohl Fettsäuren im Erdöl vorkommen. — Durch den Stickstoffgehalt der Öle ist die Anteilnahme von *Eiweiß*stoffen an der Ölbildung erwiesen; Sterine, Chlorophyll- und Häminderivate, sowie Sexualhormone sind im Erdöl und Erdölbitumen nachgewiesen. Auch *Kohlehydrate* sind in Erdölbitumen nachgewiesen (ORLOV). Wir können also alle 3 großen Gruppen organischer Substanzen zu den Ölbildnern rechnen, wenn wir auch mengenmäßig den Eiweißstoffen und Kohlehydraten die Hauptrolle zuschreiben. Bei letzteren ist allerdings zu bemerken, daß die Substanzen *höherer* Pflanzen (Kormophyten) auch in den marinen polybituminösen Schiefern schließlich in Kohle übergeht; daran ist vermutlich die Stabilisierung durch Gerüststoffe, wie Lignin, Pentosan usw., schuld. Es liegt aber bisher kein Grund vor, die ungeschützten Zellulosen *niederer* Pflanzen von der Ölbildung auszuschließen; es liegen aber auch keine Beweise für ihre Ölmutternatur vor, abgesehen von dem allgemeinen Nachweis von Kohlehydraten im Erdölbitumen.

4. Umbildungen der organischen Substanzen.

Charakteristisch für *Umbildungen bei Vorhandensein von* (wenn auch geringen Mengen) *Sauerstoff* ist die Zerstörung eines Großteils der labilen Eiweißstoffe und damit eine beträchtliche *Abnahme des Stickstoffgehaltes* der organischen Substanz; dies selbst dann, wenn (wie im Falle der Algengyttjen: Kuckersit) infolge der Ablagerung großer Mengen von organischem Material selbst die organische *Form* wohlerhalten erscheint. Nach der Fazies, dem Chemismus der Umbildungen und der häufigen Formerhaltung will es scheinen, daß Eiweiß- und Fettsubstanzen bei Umbildungen in dieser Umgebung zunächst zu Leichenwachs, dann zu Kerogen (freiem, festem, gelbem bis kressem Gesteinsbitumen) werden. — Der hohe Sauerstoffgehalt vieler Kerogene braucht dabei nicht ursprünglich zu sein, sondern kann zum Teil auf Verharzung zurückzuführen sein. Dagegen bleiben unter Sapropelbedingungen (bei Ausschluß von Sauerstoff) auch die labilen Eiweißstoffe erhalten, die organische Substanz bleibt daher stickstoffreich. Im weiteren Verlauf wird ein Teil des Bitumens durch Adsorption unter C-Anreicherung zu Polybitumen, der andere mehr oder weniger freibleibende Teil wird unter H-Anreicherung schließlich zu Erdöl, und zwar zunächst größtenteils zu Grenzkohlenwasserstoffen (Endprodukte der H-Anreicherung); später unter Einfluß der Atmosphärilien (einschl. der Sauerstoffsalze führenden Grund- und Untergrundwässer) zu Aromaten, Naphthenen usw. Die aus der Zersetzung der organischen Substanzen entstehenden Ölwässer stehen mit diesen Umbildungen in Zusammenhang. Mit den Methanölen treten Chloridwässer (Ölwässer) mit hohem Jodgehalt und Überschuß von Cl über Alkalien auf; mit Naphthenölen finden sich karbonatische und sulfatische Wässer (Tagwässer und verdorbene Ölwässer) mit geringem (oder ohne) Jodgehalt und mit weniger Cl, als den Alkalien entspricht. Bakterien sind an der Zersetzung der organischen Substanz maßgeblich beteiligt, und zwar sowohl an der *Verwesung* als an der *Fäulnis* oder der Leichenwachsbildung. Anaerobe Bakterien finden sich sowohl in der

Reduktionszone der Gyttjen als in den Sapropelen (z. B. des Schwarzen Meeres); sie finden sich auch in ölführenden Gesteinen und Ölwässern. Es sind stäbchen- und schraubenartige Formen, aus denen sich bei Zutritt von Sauerstoff kugelige Sporen bilden (GINSBURG-KARAGIČEVA). Diese erinnern an die vererzten Schwefelbakterien SCHNEIDERHÖHNS, die vom Eozoikum ab in verschiedenen schwarzen Schiefern und in Phosphoriten gefunden werden. — Bakterielle Umbildungen scheinen bei den ersten Stadien (Halmyrolyse) der Erdölbildung (Sapropelisierung) wesentlich beteiligt und für das Verschwinden der organischen Formen bzw. der Gewebestrukturen verantwortlich zu sein. Für spätere Stadien (Diagenese) der Erdölbildung ist bisher nur die Sulfatreduktion in den Ölwässern mit Wahrscheinlichkeit auf bakterielle Tätigkeit zurückzuführen. Die Spaltungsvorgänge, welche zur Bildung des Erdöls führen, verlaufen bei verhältnismäßig niederen Temperaturen. Aus der höchstmöglichen Überlagerung der rumänischen Ölmuttergesteine und der geothermischen Tiefenstufe fanden wir eine höchstmögliche Bildungstemperatur von 150—160°. Die Wärmebilanz der Methanölbildung scheint ziemlich ausgeglichen zu sein, da sich kein sicherer Zusammenhang zwischen Gesteinstemperaturen oder geothermischer Tiefenstufe und Ölführung ergibt. Dagegen treten bei der Naphthenölbildung wärmeerzeugende Vorgänge lokal in den Vordergrund: an der Reaktionsfläche, der „Randwasserlinie", steigt die Temperatur oft beträchtlich an. — Die Decarboxylierung von Chlorophyll im Erdöl deutet auf eine erhöhte Bildungstemperatur, die jedoch 200° nicht erreicht haben dürfte, wie das häufige Vorhandensein von Porphyrin-Carbonsäuren zeigt. Für eine erhöhte Bildungstemperatur des Erdöls spricht auch der Umstand, daß aus polybituminösen Schiefern durch Destillation erdölähnliche Stoffe, durch kalte Lösung in Benzol + Alkohol kerogenähnliche Stoffe erhalten werden. Nach dem derzeitigen Stande scheint sich die Erdölbildung zwischen 100 und 200° abgespielt zu haben.

An den Erdgasen, welche das Erdöl begleiten, finden sich auch Wasserstoff, Kohlenmonoxyd und Alkene, aber nur gelegentlich und stets nur in geringen Mengen (H_2 bis 0,3%, CO bis etwa 0,6%, Alkene bis etwa 1%). Da aber diese Stoffe untereinander und mit Gestein, Wasser und Öl reaktionsfähig sind ($C + CO_2 \leftrightarrow 2\,CO$; $H_2 + CO_2 \leftrightarrow H_2O + CO$ usw.), so kann aus der geringen Menge dieser Stoffe nicht auf ihre Nichtbildung geschlossen werden. In inaktiven Medien (Knistersalz) ist zudem gelegentlich wenigstens der Gehalt an Alkenen etwas größer (bis 3%).

5. Zusammenfassung.

Das Erdöl bildet sich aus den organischen Substanzen mariner Sapropelite. Ein Teil dieser Substanzen wird nach bakterieller Umbidung unter C-Anreicherung an Ton usw. adsorbiert, der andere Teil bleibt unter H-Anreicherung mehr oder weniger frei. Die Umbildungen finden bei 100—200° statt. — Gleichzeitig mit dem Öl bildet sich aus den organischen Substanzen Wasser, das die wasserlöslichen Stoffe (vor allem NaCl, ferner die charakteristischen biophilen Ionen K, J, Br, B) aufnimmt. Im Sapropel wie im Öl finden sich charakteristische Elemente (z. B. N, V, Cu) und Moleküle (z. B. Chlorophyll bzw. seine Abkömmlinge) angereichert. Durch die Statistik der Lagerstättenumgebungen und durch den Jod- und Bromgehalt läßt sich die Abstammung des Erdöls auf marine Sapropelite beschränken. Alle 3 Hauptgruppen organischer Substanzen nehmen an der Ölbildung teil, doch überwiegen Eiweißstoffe und Kohlehydrate gegenüber Fetten, Ölen usw. *Die Substanz höherer Pflanzen* wird auch in den Ölmuttergesteinen zu Kohle, *scheidet also von den Ölmuttersubstanzen aus.* Fossilgehalt und Gehalt an ortständigem Bitumen stehen in umgekehrtem Verhältnis.

Literatur:

Erörterungen dieser Fragen und Literaturnachweise findet man in nachstehenden Schriften: Erdölmuttersubstanz. Schr. Brennstoffgeol. **10**. Stuttgart: Ferdinand Enke 1935: E. WASMUND, Die Bildung von Leichenwachs. — K. KREJCI-GRAF, Bildung bituminöser Sedimente. — F. HECHT, Chemische Fossilisation. — A. TREIBS, Pflanzensubstanz als Muttersubstanz des Erdöls. — R. POTONIÉ u. D. REUNERT, Untersuchungen von Sapropelen . . . [Seen]. — H. STEINBRECHER, Fehlen höherer Temperaturen bei der Entstehung des Erdöls. — D. WOLANSKY, Erdölmuttersubstanz und ihre Umwandlung nach Untersuchungen russischer Geologen. — K. KREJCI-GRAF, Die rumänischen Erdöllagerstätten. Stuttgart: Ferdinand Enke 1929 — Grundfragen der Ölgeologie. Stuttgart: Ferdinand Enke 1930 — Geochemie der Erdöllagerstätten. Halle a. d. S.: Verl. Knapp 1930 — Fortschritte der Ölgeologie. Geol. Rdsch. **26** (1935) — Heutige Meeresablagerungen. Kali **29** (1935) — Veränderungen des Stickstoffgehaltes. Z. prakt. Geol. **43** (1935).

Neuere Fragen zu den Grundlagen der Theoretischen Kristallographie.

Von WILLI KLEBER, Heidelberg.

Am Beginn der Periode der „klassischen" Kristallographie stand das Gesetz der Winkelkonstanz (STENO), ihr Höhepunkt war das Rationalitätsgesetz (HAUY) und das Symmetrieprinzip (HESSEL, SOHNCKE, BRAVAIS). Neben der phänomenologischen Wissenschaft begann sich in gleicher Denkform die Strukturtheorie zu entwickeln (SOHNCKE, SCHOENFLIES, NIGGLI). Das ganze Gebäude, das in jenem Zeitabschnitt errichtet wurde, war im physikalischen Sinne vollkommen klassisch.

Man kann von da ab den Ausbau der statistischen Methode in der Kristallographie als besonderen Fortschritt buchen, der im wesentlichen von V. GOLDSCHMIDT angegangen und durch NIGGLI mathematisch vollendet wurde. Es war das der Beginn einer immer deutlicher werdenden Vermengung kausaler und statistischer Prinzipien auch in der Kistallographie. Das Problem von der Rangordnung der Formen brachte so einen wichtigen Einschnitt in der Entwicklungsgeschichte der Wissenschaft von der festen Materie. Ich sehe in der Tatsache, daß in der Morphologie statistische und wahrscheinlichkeitstheoretische Gesetzmäßigkeiten gelten, nichts anderes als die makroskopische Abbildung einer statistischen Molekularpkysik.

Die kritische Einstellung zu den Grundlagen, auf denen die „klassische" Kristallographie aufbaute, hat jene begonnene Wendung fortgeführt. Als Vorläufer der Kritik können wir die Ablehnung der idealisierten Kristallmodelle durch V. GOLDSCHMIDT[1] betrachten. Falls diese Hilfsmittel zur Charakterisierung der Symmetrieverhältnisse bewußt als Veranschaulichung gruppentheoretischer Beziehungen aufgefaßt werden, mag ihre Verwendung dahingestellt bleiben. Zweckmäßiger und organischer jedenfalls geht der Weg über das morphologische Projektionsbild, das eine einfache analytische Ableitung der Kristallklassen[2] ermöglicht. Dabei werden die Symmetrieelemente durch Doppelpunkte und Kreise (im allgemeinsten Sinne) der stereographischen Projektion gekennzeichnet und den Symmetrieoperationen Symmetriefunktionen zugeordnet. Es sind dies im wesentlichen folgende lineare Funktionen:

$$w = \frac{az - b}{\bar{b}z + \bar{a}} \qquad \text{(Drehung)},$$

$$w = e^{\frac{2\pi}{n}i} \cdot \frac{1}{\bar{z}} \qquad \text{(Drehspiegelung)},$$

$$w = \frac{1 + |b|^2}{\bar{z} - \bar{b}} + b \qquad \text{(Spiegelung)}.$$

Damit ist die gesamte Symmetriebetrachtung in den zweidimensionalen Bereich des Projektionsbildes verlegt und eine Diskussion der Oberflächenelemente unabhängig vom Rationalitätsgesetz ermöglicht.

Hieran schließt sich unmittelbar an die Kritik des für die Kristallographie fundamentalen Flächenbegriffs. Es fehlt eine systematische Grundlegung dieses Begriffs, wie ja überhaupt die axiomatische Forschung im allgemeinen in der Kristallographie recht vernachlässigt wurde. Zwei Fassungen des Flächenbegriffs werden meist stillschweigend neben einander vorausgesetzt: Entweder man faßt ihn, wie es wohl mehr oder weniger immer geschieht, als ebene Fläche, oder man wählt den allgemeinen mathematischen Flächenbegriff [etwa in der Form $x = x(u, v)$, $y = y(u, v)$, $z = z(u, v)$ mit notwendigen Stetigkeitsbedingungen]. Beide Fassungen können nicht die Forderungen erfüllen, die heute eine kritisch eingestellte Diskussion an den Flächenbegriff stellen muß. Der Umfang des allgemeinen Flächenbegriffs ist zu weit, als daß er sich den spezifisch kristallographischen Problemen anpassen könnte. Dagegen ist der Begriff der mathematischen Ebene zu eng, um den Erfahrungen, die die moderne Kristallomorphologie gewonnen hat, gerecht zu werden. Systematische Untersuchungen der Kristallformen durch V. GOLDSCHMIDT, PARKER, KALB usw. haben ergeben, daß wesentliche Merkmale gerade der wichtigsten Formen die Oberflächenskulpturen (Akzessorien) sind. Auch Ätzversuche an Konkavkörpern[1] haben hier neue Wege gezeigt, und es scheint, als ob diese Ergebnisse dazu berufen wären, auf das Problem der charakteristischen Leitformen Licht zu werfen. Die Felder, die beim Ätzen von Hohlkörpern als stabile Begrenzungselemente auftreten, sind von akzessorischen Bildungen (Gruben) überdeckt und nehmen etwa die Lagen von Hauptflächen ein, in der Ausdehnung im allgemeinen deren Rangordnung zeigend. Die Gruben sind offenbar bedingt durch die Existenz von Baufehlern (im allgemeinsten Sinne), sind also jedenfalls nicht primärer Natur. Trotzdem sind diese sekundären Bildungen wesentlich mit den kristallographischen Hauptvektoren verknüpft, denn sie entstehen in diesen Richtungen und nur in diesen.

Auf Grund dieser Gegebenheiten schien es notwendig, den kristallographischen Flächenbegriff neu zu fassen. Kürzlich wurde folgende Definition vorgeschlagen[2]: Unter Flächen „im kristallmorphologischen Sinne" seien diejenigen Stücke der Oberfläche eines Kristallkörpers verstanden (jetzt: Fläche im mathematischen Sinne), die jeweils derart zwischen 2 parallelen Ebenen ganz eingeschränkt werden können, daß deren Abstand

[1] V. GOLDSCHMIDT, Z. Kristallogr. **31**, 135 (1899); **32**, 49 (1899) — Zbl. Mineral. **1930** A, 177.
[2] W. KLEBER, Zbl. Mineral. **1934** A, 241.

[1] HANS HIMMEL u. WILLI KLEBER, Ätzversuche an Konkavkörpern. I. N. Jb. Mineral., Beil.-Bd. **69** A, 42 (1934). Teil II erscheint im N. Jb. Mineral., Beil.-Bd. **70** A.
[2] W. KLEBER, Zbl. Mineral. **1935** A, 66.

möglichst klein wird (klein in bezug auf die Flächengröße). Oder analytisch ausgedrückt: Eine kristallographische Fläche sei durch eine Parameterdarstellung $x = x(u, v)$, $y = y(u, v)$, $z = z(u, v)$ gegeben, wobei zunächst nur vorausgesetzt sei, daß das System ein zusammenhängendes Flächenstück liefert. Wir nennen dann eine solche Fläche „im kristallmorphologischen Sinne", wenn für die Parameter u, v folgende Ungleichung gilt:

$$p_1 \leqq h^* \cdot x(u, v) + k^* \cdot y(u, v) + l^* \cdot z(u, v) \leqq p_2,$$

wobei $h^* = h/\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$ usw. und $p_2 - p_1 \leqq \delta$ mit möglichst kleinem δ ist. Die h, k, l sollen ganz rational und ihre Quadratsumme von möglichst geringem Betrag sein. Wir bezeichnen dann hkl als die MILLERschen Indizes der betreffenden Fläche.

Wichtig ist dabei nun, daß mit dieser Definition der Diskussion über das kristallographische Rationalitätsgesetz jede Grundlage entzogen wird. Die Entscheidung: rational oder nichtrational, die ja in Wirklichkeit doch nicht getroffen werden kann, da rationale und irrationale Zahlen überall dicht liegen, ist nicht mehr notwendig, da sie bereits als Voraussetzung in den Grundbegriff der Kristallmorphologie einbezogen wird. In der Praxis wird schon immer so verfahren, daß die gemessenen (irrationalen) Lagen (dargestellt etwa durch die Positionswinkel φ, ϱ) mit den nächstliegenden rational deutbaren identifiziert werden. Erfahrungstatsache bleibt, daß bei der Wahl relativ einfacher h, k, l die Strecke δ im allgemeinen sehr klein angenommen werden kann. Das ist, von unserem neuen Standpunkt aus betrachtet, der Inhalt des Rationalitätsgesetzes. Analysiert man eine Wachstumsform mit Hilfe des Flächenbegriffs, so ermöglicht die Vieldeutigkeit dieser Beschreibung die Erfassung von Pseudosymmetrien. Die Anwendung auf geätzte Konkavkörper konnte zu der Aufstellung eines verallgemeinerten Korrelationssatzes führen, der die Beziehungen zwischen Wachstum von Konvex- und Abbau von Konkavkörpern festlegt. Während hier die Zusammenhänge mit den Mitteln der „klassischen" Kristallographie nur schwer theoretisch zu erfassen waren, läßt sich nun der einfache Satz aufstellen, daß in beiden Fällen als stabile Begrenzungselemente dieselben Flächen „im kristallmorphologischen Sinne" entstehen. Der Flächenbegriff, der sich bei den Studien der Wachstumsformen zwangsläufig ergeben mußte, umfaßt auch die Lösungs- und Ätzgebilde und hat sich gerade darin besonders vorteilhaft gezeigt.

Die so gebildete Auffassung von der Kristallbegrenzung fügt sich durchaus den strengen Forderungen, die die moderne Physik an ihre Grundbegriffe stellt. Wir können über eine Kristallfläche tatsächlich nicht mehr aussagen, etwa ihre Lage genauer bestimmen, als daß sie innerhalb eines dreidimensionalen (wenn auch sehr dünnen) Bereichs in irgendeiner Weise eingeschlossen liegt. Die Lage einer Kristallfläche erscheint demnach keineswegs absolut determiniert, und das entspricht ja vollständig dem, was die Erfahrung lehrt.

Es ist nun bemerkenswert, daß diese Sachlage bereits mit Ergebnissen, die von einem ganz anderen Standpunkt aus gewonnen worden sind, in Beziehung gebracht werden kann. Es ist möglich, das makroskopische Phänomen auf Besonderheiten des strukturellen Aufbaues zurückzuführen. Schon lange wird die Entstehung der akzessorischen Ätz- und Lösungsgebilde mit dem Vorhandensein oberflächlicher und innerer Inhomogenitäten des Kristallgitters in Verbindung gebracht. Die Möglichkeit einer gleichen Deutung der Wachstumsakzessorien konnte neuerdings ebenfalls aufgezeigt[1] und so eine wesensbedingte Verknüpfung der beiden Erscheinungen hergestellt werden. Gleichzeitig ergab sich bei diesen Betrachtungen, die auf Grund der Diskussion gitterdynamischer Verhältnisse durchgeführt wurden, daß das Verhalten der heteropolaren und homöopolaren Kristalltypen beim Wachstum prinzipielle Unterschiede in ihren akzessorischen Bildungen zeigen müßten.

Die Erörterungen über die Oberflächenskulpturen erscheinen somit allgemein auf das Problem der gitterbaulichen Inhomogenitäten bezogen. Die „klassische" Strukturlehre hat in ihrer streng mathematischen Geschlossenheit ungeheure Erfolge in der Erforschung der festen Materie erzielt. Ihre höchste Vollendung hat diese Theorie in der BORNschen Gitterdynamik erreicht, die in der Erfassung wichtiger physikalischer Eigenschaften ihre quantitative Bestätigung fand. Dieser Erfolg kann nicht verkleinert werden durch die Tatsache, daß die Idealgittertheorie im Verfolg ihrer konsequenten Durchführung auf Schwierigkeiten stoßen mußte. Die strenge Theorie versagte vor allem bei der Deutung der Festigkeitseigenschaften, die sie nicht einmal qualitativ zu beschreiben in der Lage war. OROWAN hat dies mit Hilfe eines Gedankenversuchs für den Zerreißvorgang anschaulich dargestellt[2]. Denkt man sich ein mathematisches Idealgitter auseinandergezogen, so wird die Spannung vergrößert, bis ein Maximalwert erreicht ist. Die Gitterabstände werden homogen dilatiert. Bei weiterer Dehnung nimmt die Spannung ab und nähert sich asymptotisch dem Nullwert. Die an der Stelle des Maximums sich ergebende „Idealgitterfestigkeit" liegt größenordnungsmäßig weit über der „technischen" Festigkeit. Die Schwierigkeiten, die sich hierbei boten, konnten durch die Annahme von Kristallbaufehlern leicht überwunden werden. Insbesondere hat in dieser Richtung SMEKAL bahnbrechend gewirkt, indem er in systematischen Arbeiten die Unterscheidung von strukturempfindlichen und strukturunempfindlichen Eigenschaften entwickelte. Es sind vornehmlich 3 Gebiete, deren Ausbau die Postulierung von Baufehlern ermöglichte: Diffusionserscheinungen, Festigkeitseigenschaften und Morphologie der Kristalle. Es hat in der Folge nicht an Theorien gefehlt, die das Problem der Baufehler

[1] W. KLEBER, Zbl. Mineral. **1935** A, 103.

[2] E. OROWAN, Z. Kristallogr. **89**, 327 (1934).

in speziellen Ansätzen zu entwickeln versuchten und meist auf verschiedenen Erscheinungen aufbauen. Erwähnt seien die SMEKALsche Lockerstellenhypothese, ZWICKYS Annahme einer Sekundärstruktur, die DARWINSche Theorie der Mosaikstruktur und neuerdings BUERGERS „lineage structure". Alle diese Theorien beleuchten das vorliegende Problem mehr oder weniger von einer Seite, wie das etwa SMEKAL[1] für die ZWICKYsche Sekundärstruktur dargelegt hat. SMEKAL hat neuerdings seine Auffassung vom Begriff des „Baufehlers" wesentlich verallgemeinert. Er unterscheidet absolut reine Fehlkristalle (Lücken, örtliche Fehllagerungen von Bausteinen) und chemische Kristallbaufehler. Für beide Arten wird eine höchstens statistische Ordnung angenommen.

Die Frage nach der Entstehung von Baufehlern in reinen Fehlkristallen (solche sollen hier ausschließlich betrachtet werden) kann gitterdynamisch beantwortet werden. Das Wachstum eines Kristalls ist bedingt durch die Wahrscheinlichkeiten einzelner Anlagerungsvorgänge. Diese Wahrscheinlichkeiten W sind Funktionen mehrerer Argumente, die durch äußere und innere Faktoren festgelegt werden. Wie KOSSEL[2] und STRANSKI zeigen konnten, spielt dabei die Energiebilanz der Einzelvorgänge eine wesentliche Rolle. Es sei der Energiegewinn eines diskreten Schrittes φ, dann können wir schreiben: $W = f(\varphi \ldots)$ mit $\partial W/\partial \varphi > 0$ als notwendiger Bedingung. Die Einzelwahrscheinlichkeiten können über den Vollzug eines Schrittes keine Auskunft geben. Man kann nur sagen, daß bei einem Kristall von hinreichender Größe die wahrscheinlichsten Vorgänge am häufigsten stattgefunden haben. Andere sind durchaus möglich, und das sind gerade die, die wir ganz allgemein als Fehllagerungen bezeichnen. Offenbar kann auf diese Weise der Idealzustand mathematisch-regelmäßiger Anordnung nie tatsächlich erreicht werden. Wir können höchstens von einer statistischen Ordnung des Kristallbaues sprechen. Nur der Idealkristall erfüllt streng die Forderungen der NIGGLIschen Definition. Die Homogenität des Realkristalls ist nicht reell, sie ist höchstens stückweise reell. Danach beruht die Existenz der Baufehler auf der Statistik der Gitterbauvorgänge. Wir können das auch anders formulieren: Ein Kristallgitter ist aufzufassen als 3-parametrige Fourier-Reihe, die in jedem Punkt die Wahrscheinlichkeit angibt dafür, daß dort ein materielles Teilchen sitzt. Die tatsächliche Besetzung eines einzelnen Punktes bleibt dabei vollkommen unbestimmt. Diese statistische Aussage ist äquivalent dem aus bildhafter Vorstellung entstammenden Satz, daß Fehllagerungen existieren.

[1] A. SMEKAL, Handb. d. Physik **24** II, 795 (1933).
[2] Naturwiss. **44**, 901 (1930); u. a. auch: W. KOSSEL, Zur Energetik von Oberflächenvorgängen. Ann. Physik (5) **21**, 457 (1934).

Schätzungen auf Grund von Erfahrungstatsachen ergeben für den Anteil des „fehlerhaft" gebauten Gitterraumes $3 \cdot k \cdot l^{-3} \cdot 10^{-4}$, wobei k und l von der Größenordnung 1 sind. Die Wahrscheinlichkeit eines „falschen" Einzelschrittes braucht offenbar nicht sehr groß zu sein, um die Anzahl der Fehllagerungen zu erklären.

In einer Reihe schöner Untersuchungen konnte die SMEKALsche Schule Bedeutung und Einfluß der Baufehler auf den Mechanismus der plastischen Verformung klarlegen. SCHÜTZE[1] hat eine außerordentlich instruktive Darstellung für das Vorhandensein innerer Baufehler gegeben. Er hat gezeigt, daß die Gleit„ebenen" dünne Schichten, also innere Flächen, im „kristallmorphologischen Sinne" bilden, die nur innerhalb kleiner Bereiche (Gitterblöckchen) mathematischen Netzebenen folgen.

Bei unserer Betrachtung hat sich zunächst ergeben, daß wir allgemein Kristallflächen und nun auch Gleit„ebenen" als Flächen „im kristallmorphologischen Sinne" auffassen müssen. Andererseits konnten wir die hier erörterte Eigenart dieser Bildungen, die — man könnte sagen — durch eine Verwischung „klassischer" Begriffe gekennzeichnet wird, aus dem Vorhandensein von Baufehlern ableiten, so daß der Inhalt des kristallographischen Flächenbegriffs wesentlich im Zusammenhange mit dem Problem der Baufehler erscheint. Schließlich haben wir uns klargelegt, daß die Inhomogenitäten des Gitters zum Wesen des Kristalls gehören, da ja bestimmte Merkmale nur aus ihrer Existenz zu verstehen sind. Das Vorhandensein der Fehlerquellen kann aber, wie oben dargelegt wurde, mit Hilfe einer statistischen Gitterdynamik oder einer verallgemeinerten wahrscheinlichkeitstheoretischen Auffassung vom Kristallgitter entwickelt werden, deren Auf- und Ausbau noch durchzuführen wäre.

Wir können nun an die eingangs angestellte Betrachtung wieder anknüpfen. Die Geschichte der theoretischen Kristallographie hat in ihrer letzten Epoche in geometrischer Hinricht von der strengen NIGGLIschen Auffassung des Kristalls als reell homogenes Diskontinuum zu einem Kristallbegriff, dessen Homogenität als höchstens stückweise reell angenommen werden darf und in physikalischer Hinsicht von der strengen BORNschen Gitterdynamik zu einer mehr statistisch-wahrscheinlichkeitstheoretischen Einstellung geführt.

Die Aussagen des Kristallographen über Punktlagen im Gitter und über Flächenlagen am Kristall sind keineswegs mehr absolut bestimmt, wie das für die „klassischen" strukturtheoretischen und morphologischen Modelle der Fall war. Wir sehen auch hier ein langsames Übergehen von den kausalen zu statistischen Prinzipien. Das ist der Kern dessen, was hier nur kurz ausgeführt werden konnte.

[1] W. SCHÜTZE, Z. Physik **76**, 143 (1932). — A. SMEKAL, Handb. d. Physik **24** II, 907.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Über die Sorption von Wasserstoff an Wolfram.

In der wissenschaftlichen Literatur über die Gasadsorption an festen Oberflächen sind in den letzten Jahren zahlreiche Arbeiten über die Effekte erschienen, die im Anschluß an H. S. TAYLOR[1] als *„aktivierte Adsorption"* angesprochen und als charakteristischer Teilprozeß der Oberflächenkatalyse betrachtet werden. Diese Effekte bestehen im wesentlichen in einer deutlichen Verlangsamung der Gasaufnahme, verbunden mit einer vom „regulären" Schema einer Adsorption abweichenden ***Zunahme der bei konstanten Drucken aufgenommenen Gasmengen mit steigender Temperatur.*** Sie werden mit einer, Zufuhr von Aktivierungsenergie erfordernden Spaltung bzw. Lockerung der adsorbierten Gasmolekeln im Kraftfeld der Oberfläche gedeutet.

An Wolframpulver definierter Oberfläche ausgeführte, reproduzierbare Versuche zeigen (Fig. 1) in zwei Temperaturgebieten (— 80 bis — 10° bzw. 60—180°) die Phänomene

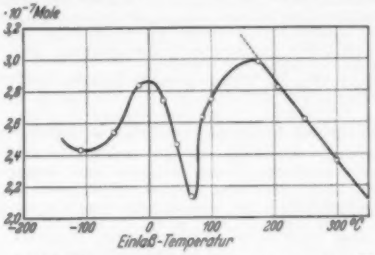

Fig. 1. Spezielle Wasserstoffsorption (Isobare: 1,3 mm) an Wolfram.

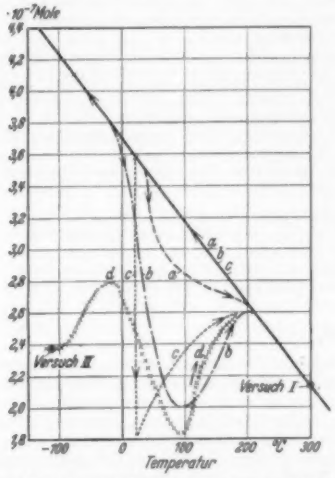

Fig. 2. Spez. Wasserstoffsorption (Isosteren) an Wolfram.

Versuch I: Wasserstoffzugabe bei 300°; daran anschließend:
Kurve *a*: Temperaturerniedrigung auf 20° und sofortige Umkehr auf 300°.
Kurve *b*: Temperaturerniedrigung auf −84° und sofortige Umkehr auf 300°.
Kurve *c*: Temperaturerniedrigung auf 20° und, nach 12stündigem Stehen bei 20°, Rückkehr auf 300°.

Versuch II: Wasserstoffzugabe bei −110°; daran anschließend:
Kurve *d*: Temperaturerhöhung auf 300°.

[1] J. amer. chem. Soc. **53**, 578 (1931) und weitere Publikationen.

einer „aktivierten Adsorption"[1]. Die weitere Beobachtung, daß diese Effekte abhängig sind von der Wartezeit zwischen Beendigung der Entgasung des Metalls und Versuchsbeginn (Wasserstoffzugabe), von Art und Dauer einer Abkühlung und Wiedererwärmung des Adsorptionssystems („Hysteresiseffekte", Fig. 2) sowie von der Art der verwendeten Meßapparatur, ließ jedoch auf das Mitwirken noch anderer Faktoren schließen. Eine genaue Prüfung aller Versuchsbedingungen ergab, daß die Phänomene der „aktivierten Adsorption" nach Extremreinigung des Wolframmetalles und des Wasserstoffes ***völlig verschwinden***[2], daß sie aber willkürlich ***wieder herbeigeführt werden*** können, sobald man dafür sorgt, daß minimale Mengen von organischen Dämpfen (z. B. von Hahnfett, Picein) und von Sauerstoff ***gleichzeitig*** auf dem Wolframpulver anwesend sind. Die organischen Stoffe allein sowie Sauerstoff (Oberflächenoxyd) allein geben die Erscheinungen der aktivierten Adsorption nicht. Somit sind die in diesem Falle beobachteten Effekte der „aktivierten Adsorption" keine Eigenschaften des reinen Systems Wolfram/Wasserstoff. Sie beruhen vielmehr allem Anschein nach auf einer „fraktionierten", in bestimmten Temperaturgebieten einsetzenden „Selbstreinigung" der Metalloberfläche mittels Oxydation der an der Oberfläche sorbierten Spuren organischer Verbindungen durch das Oberflächenoxyd. Meßbar gemacht wird diese Selbstreinigung der Metalloberfläche durch die großen Unterschiede, welche bereits minimal verunreinigte gegenüber völlig reinen Oberflächenpartien in ihrer Aufnahmefähigkeit für Wasserstoff besitzen.

Die Adsorptionsmessungen am völlig reinen Wolfram zeigen (Fig. 3) ein relativ einfaches Bild. Die maximal adsorbierbare Menge bedeckt etwa $^1/_5$ der Oberfläche, vermutlich nur bestimmt indizierte Kristallflächen. Die in einem Abfall

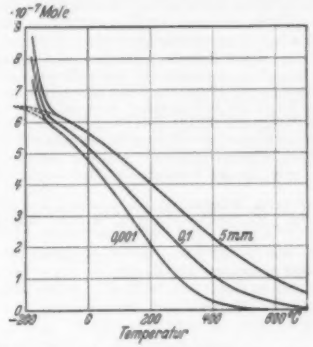

Fig. 3. Spez. Wasserstoffsorption (Isobaren) an reinem Wolfram.

der Adsorptionswärme sich kundgebenden energetischen Unterschiede in den Affinitätsverhältnissen der Metalloberfläche gehorchen einer einfachen mathematischen Beziehung. Das ganze sorptive Verhalten des reinen Wolframs gegen reinen Wasserstoff läßt sich mit einer einzigen, auf einfachen Überlegungen beruhenden sowie Materialkonstanten des Wolframs enthaltenden Formel wiedergeben.

Über die Versuche wird in Kürze ausführlich berichtet werden.

Ludwigshafen a. Rh., Wissenschaftliches Forschungslaboratorium Oppau der I. G. Farbenindustrie A.-G., den 21. Juni 1935. W. FRANKENBURGER. A. HODLER.

[1] Vgl. auch W. FRANKENBURGER u. A. HODLER, Trans. Far. Soc. **28**, 229 (1932).

[2] Gewisse Anzeichen (die Änderung des Isobarenverlaufes im Temperaturgebiet von — 170 bis — 100°; vgl. Fig. 3) sprechen dafür, daß eine „echte aktivierte Adsorption" des Wasserstoffes in einem beträchtlich tieferen Temperaturgebiet (∼ — 170°) einsetzt.

Über das Auftreten eines metastabilen, aktiven Sauerstoffmoleküls bei sensibilisierten Photo-Oxydationen.

In einer Reihe von interessanten Arbeiten über die sensibilisierte Photooxydation verschiedener Substrate durch fluoreszenzfähige Farbstoffe, ist GAFFRON[1] zu dem Ergebnis gekommen, daß primär das Substrat (Acceptor) „aktiviert" wird und nicht der Sauerstoff. Die neueren Überlegungen von J. FRANCK[2] haben zu einem tieferen Verständnis dieser Auffassung geführt.

Schon vor einiger Zeit ist der Verfasser zu demselben Ergebnis gelangt, beim Studium der Fluoreszenzlöschung verschiedener fluoreszierender Farbstoffe (Eosin, Uranin, Trypaflavin) durch Sulphit und Arsenit im Zusammenhang mit der sensibilisierten Photooxydation dieser Substrate durch molekularen Sauerstoff.

Der Primärprozeß besteht hier darin, daß der Farbstoff (F) ein Quant ($h\nu$) absorbiert unter Bildung eines angeregten Zustandes ($F h\nu$). Diese angeregten Farbstoffmoleküle können ihre Energie

a) unter Fluoreszenz als Licht abgeben,

b) den Quant auf, z. B. das Sulfition, übertragen in der Reaktion:

$$SO_3^{=} HOH + (F h\nu) = F + SO_3^{-} + OH^{-} + H,$$

welche somit den Elementarprozeß der Fluoreszenzlöschung durch Sulfitionen darstellt. Diese Reaktion ist analog dem Elementarprozeß des Elektronenaffinitätsspektrums von FRANCK und HABER[3] mit einem wesentlichen Unterschied, daß nämlich bei der direktenEinstrahlung von Licht während des Elektronensprunges im allgemeinen keine Energie aus der Verschiebung der Kerne gewonnen werden kann (FRANCK-CONDON-Prinzip). Wird aber der Quant — wie in Rkt. (b) — im Stoß zweiter Art durch das angeregte Farbstoffmolekül übertragen, so kann man noch beträchtliche Energien aus der potentiellen Energie der schweren Massen gewinnen. Wir denken dabei in erster Linie an den Gewinn der Hydratationsenergie der gebildeten Ionen (SO_3^{-}, OH^{-}); evtl. kann man auch Energie aus einer vorübergehenden Bindung (Adsorption) zwischen Farbstoff und einem der entstehenden Radikale gewinnen. Man versteht auf diese Weise, daß man bei diesen sensibilisierten Reaktionen mit einem kleineren Quant auskommen kann als bei direkter Bestrahlung.

Für den Aktivierungsprozeß besteht aber noch eine andere Möglichkeit. Ist nämlich der Farbstoff imstande, photochemisch Wasserstoffatome (oder ein anderes Radikal) abzudissoziieren (diese Photodissoziation kann entweder direkt erfolgen oder im Stoß zweiter Art mit einem angeregten Farbstoffmolekül als Elementarprozeß der Selbstauslöschung.), wie dies FRANCK[1] für das Chlorophyll wahrscheinlich gemacht hat, so kann dann entweder:

α) Wiedervereinigung der Radikale stattfinden (evtl. unter Chemiluminiszenz), oder

β) bei Gegenwart von Sauerstoff werden die H-Atome (oder Radikale) vom O_2-Molekül weggefangen unter Bildung von HO_2, (so daß dann die Chemiluminiszenz unterbleibt). Das so gebildete HO_2-Radikal kann den Acceptor angreifen und damit prinzipiell die Oxydationsreaktion auslösen.

Der eben beschriebene Fall kommt wohl im allgemeinen nicht sehr häufig vor, doch scheint er von Bedeutung zum Verständnis der Kautskyschen Versuche[3] über die im innigen Gemisch mit Trypaflavinadsorbat „sensibilisierte" Oxydation von p-Leukanilin-Silicagel-Adsorbat, wobei man auf eine gasförmige, stark oxydierende Molekelart, von begrenzter Lebensdauer, schließen kann. Nach unserer Auffassung ist es nun das HO_2-Radikal, welches die Rolle spielt, die KAUTSKY dem aktiven Sauerstoff zuschreibt.

Es scheint somit möglich, alle Erscheinungen der photodynamischen Oxydationen ohne Annahme einer metastabilen aktiven Sauerstoffmodifikation zu erklären, so daß auch diese Reaktionen im Rahmen der allgemeinen Theorie der Autoxydation[3] ihren Platz finden.

London, The Sir William Ramsay Laboratories, University College, den 25. Juli 1935. JOSEPH WEISS.

Infrarot-Aufnahmen von Chromverbindungen.

Es wurde gefunden, daß die verschiedensten Verbindungen des Chroms (Salze des drei- und sechswertigen Chroms, Perchromate und Chromiake) ultrarotes Licht im Wellenlängenbezirk von etwa 720 bis etwa 880 mμ reflektieren. Diese Reflexion ist von der im sichtbaren Teil des Spektrums unabhängig. Einige wenige Chromsalze, wie $CrCl_3$, Cr_2S_3, Cr_2O_3 u. a. wirken bei der Aufnahme auf die infrarotempfindliche Platte nicht in demselben Maße. Dieses Verhalten geht anscheinend parallel mit einer mehr oder minder direkten Bindung innerhalb des Moleküls der Chromverbindung.

Da seit etwa 1800 Chromverbindungen in der Malerei eingeführt sind und die meisten Chromsalze Ultrarot reflektieren, so besteht die Möglichkeit, moderne Gemälde sowie sonstige Anstriche mittels der Infrarotphotographie evtl. zu identifizieren bzw. Fälschungen nachzuweisen.

Die Untersuchung wird fortgesetzt; nähere Einzelheiten werden in der Phot. Ind. mitgeteilt.

Jena, Institut für Mikroskopie und Angewandte Optik, den 31. Juli 1935. J. RZYMKOWSKI.

[1] H. GAFFRON, Biochem. Z. 264, 251 (1933) — Ber. dtsch. chem. Ges. 68, 1409 (1935) — s. a. K. NOACK, Naturwiss. 14, 385 (1926).

[2] J. FRANCK u. H. LEVI, Z. phys. Chem. B 27, 409 (1935) — Naturwiss. 23, 229 (1935).

[3] J. FRANCK u. F. HABER, Sitzgsber. preuß. Akad. Wiss., Physik.-math. Kl. 13 (1931).

[1] Siehe Fußnote 2 auf nebenstehender Spalte.

[2] H. KAUTSKY u. DE BRUIJN, Naturwiss. 19, 1043 (1931) — Ber. dtsch. chem. Ges. 65, 1762 (1932).

[3] Siehe z. B. F. HABER, Naturwiss. 19, 450 (1931) — J. WEISS, Naturwiss. 23, 641 (1935).

Besprechungen.

FLÜGGE, WILHELM, **Statik und Dynamik der Schalen.** Berlin: Julius Springer 1934. VII, 240 S. und 98 Abb. 16 cm × 24 cm. Preis geh. RM 21.—, geb. RM 22.50.

Die meisten Festigkeits- und Stabilitätsrechnungen der Bau- und Maschinentechnik beziehen sich auf stabförmige Konstruktionsteile mit gerader oder gekrümmter Achse, oder auf „Stabwerke", d. h. Gebilde, die mehr oder weniger zutreffenderweise als aus solchen Stäben zusammengesetzt betrachtet werden. Die zugehörigen Berechnungsmethoden, Ansätze und Endformeln sind im Laufe der Zeit immer stärker entmathematisiert und von mechanischen Begriffen und Vorstellungen durchsetzt worden. Infolgedessen kommt die Tatsache, daß der erste Zugang zu diesen Problemen durch die Durchschlagskraft der mathematischen Schlußweisen eröffnet worden ist, dem rechnenden Ingenieur kaum noch zum Bewußtsein. Da die genannten Methoden von ihm ständig angewendet werden, so lag es für ihn nahe, ihre Anwendung auch da zu versuchen, wo es sich um ausgesprochen wandförmige Gebilde, ebene oder gekrümmte, handelt. Für die letztgenannten hat sich der aus der mathematischen Elastizitätstheorie stammende Name „Schalen" eingebürgert. Solche Schalen sind: die Behälter aller Art; Schiffskörper, Unterseeboots-Druckkörper, Ballonhüllen; Talsperren (Staumauern), Schalendächer, „Faltwerke", Schalenkuppeln; Kesseltrommeln, Rohrleitungen; Dampf- und Wasserturbinenläufer, sowie deren Gehäuse; Manometerrohre und vieles andere mehr.

Der erwähnte Versuch, die zugleich genügend sichere und wirtschaftlich beste Formgebung und Dimensionierung solcher wandförmiger Körper einschließlich ihrer Verrippungen mit Hilfe der „Stabformeln" zu finden, wiederholte sich in fast allen Teilgebieten der Technik und ebenso, mehr oder weniger früh, die Erkenntnis

von der Unzulänglichkeit dieses Vorgehens. Er wiederholte sich, obwohl in der mathematischen Theorie der Elastizität, insbesondere in dem Lehrbuch von A. E. H. Love (1892) eine ziemlich weit ausgebaute „Theorie der Schalen" schon lange vorlag. Das hatte, abgesehen von den viel Geduld und Zeit für das Studium erfordernden grundlegenden Entwicklungen, seinen Grund darin, daß dort von der Geometrie der Gestaltänderungen ausgegangen wird, wie es dem Mathematiker nahe liegt, und nicht von den Schnittkräften und Schnittmomenten. Für den Ingenieur ist aber die Statik das Primäre und nicht die Geometrie; für ihn sind nicht die Formänderungen die Ursache der Spannungen, sondern die Spannungen folgen aus Belastungs- und Stützungsweise, und aus ihnen erst nachträglich die Formänderungen, wenn er sie ausnahmsweise zu kennen wünscht. Für den Ingenieur sind die „statisch bestimmten" Fälle der wichtigste und, weil in den Ergebnissen von den Elastizitätskonstanten des Baustoffes unabhängig, zuverlässigste Teil der Theorie; sie sind nicht mehr oder minder triviale Sonderfälle der allgemeineren „statisch unbestimmten" Aufgaben. Diese werden ihrerseits mit Hilfe der Theorie der „Nebenspannungen" nachträglich an die statisch bestimmten Fälle angegliedert.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, die hier nötige Brücke zu schlagen, vor allem nicht bei Einzelaufgaben. Sie wurden von Forschern unternommen, die der mathematischen Elastizitätstheorie und der ausführenden Technik gleich nahe standen, daher besonders von solchen der Göttinger Richtung: Runge (1904), Pöschl (1913), Reissner (1908), R. Lorenz (1911), Southwell (1913), v. Mises (1914), Meissner (1918), um nur die ältesten zu nennen. Bei der Veröffentlichung von Pöschl handelt es sich dabei um eine, meines Wissens vereinzelt gebliebene Monographie in Buchform, die übrigen sind Zeitschriftenaufsätze.

Das hier zu besprechende Buch macht nun in der gekennzeichneten Richtung einen großen und entscheidenden Schritt vorwärts. Die Anwendung der Schalen hat insbesondere in der Bautechnik in dem vergangenen Jahrzehnt eine gewaltige Ausdehnung erfahren. Was hierbei an neuen und auf lange Sicht wertvollen Methoden in der Literatur zum Vorschein gekommen ist, wurde mit großer Sorgfalt hinsichtlich Auswahl und Kritik zusammengetragen. Dazu kommt sehr viel Eigenes. Z. B. werden die Beziehungen zwischen den Formänderungen an beliebiger Stelle der Schale (im Abstand z von der Mittelfläche) und den Ableitungen der Komponenten der elastischen Verschiebung dieser Mittelfläche selbst neu hergeleitet, und zwar in einer sehr übersichtlichen Form. Diese Beziehungen sind, im Gegensatz zu der Theorie von Love, in z gebrochen linear, was für die Herstellung der Ausdrücke für die acht Schnittkräfte, die durch Integration über z zu erfolgen hat, keine Schwierigkeiten bereitet. Die erhaltenen Schlußformeln für diese Schnittfläche, die von den bisher bekannten abweichen, werden anschaulich gemacht und mechanisch interpretiert, worauf der Ingenieur mit Recht besonderen Wert legt. „Alle diese Zusätze" (zu den Hauptgliedern) „entsprechen sinngemäß den bekannten Korrekturen in der Theorie krummer Stäbe. Sie sind also sehr klein, und ihr Wert liegt weniger in der Erhöhung der Genauigkeit des Ergebnisses, als in der durch sie erreichten logischen Geschlossenheit des ganzen Formelwerks." Gerade hieran fehlte es aber noch bei Love; die Tragweite der gemachten Vernachlässigungen war schwer nachzuprüfen. Ein weiterer Fortschritt ist die genaue Definition des „Stadiums II" bei Eisenbetonschalen (Haarrisse im Beton quer zu den Eiseneinlagen); zu der bisherigen Annahme, durch den Riß werde kein Zug übertragen, wird neu hinzugefügt, daß die Übertragung des Schubes durch den Riß hindurch stattfindet.

Diese beiden Proben mögen für die Erweiterung der Theorie genügen. Noch in vielen anderen Fällen wird an die zahlreichen (wirklichen oder scheinbaren) Widersprüche in der bisherigen Schalentheorie herangegangen und eine bisher nicht bestehende Klarheit der Erkenntnis bzw. der Formulierung erreicht. Die zahlreich durchgerechneten Beispiele sind sehr geschickt ausgewählt. Die Parallelen zur Stab- und Balkenrechnung sind sehr häufig gezogen. Die beiden Leserkreise, an die sich das Buch wendet, der Forscher auf dem Gebiete der Technischen Mechanik und der rechnende Ingenieur, der die unmittelbare Anwendbarkeit zur Lösung seiner konkreten Aufgaben fordern muß, werden viel Gewinn und viel Freude an dem Buche haben. Vor allem aber ist es geeignet, der so schönen und nützlichen Schalenstatik neue Anhänger und Benutzer zuzuführen.

K. v. Sanden, Karlsruhe.

GEBELEIN, H., **Turbulenz.** Physikalische Statistik und Hydrodynamik. Berlin: Julius Springer 1935. VIII, 177 S. und 40 Abbild. 16 cm × 25 cm. Preis geh. RM 12.50, geb. RM 14.—.

In diesem Buch stellt der Verfasser sich die Aufgabe, die theoretische Behandlung des Turbulenzproblems (die Herleitung von Gleichungen für die mittlere Bewegung) zu begründen auf eine von A. Kolmogoroff [vgl. Mathem. Ann. **104**, 415 (1931)] gegebene Formulierung der statistischen Mechanik. Gebelein meint, daß die klassische Hydrodynamik zur Erklärung der Turbulenz nicht ausreicht, und daß in den Gleichungen bestimmte Glieder aufgenommen werden müssen, welche gewisse, nur von statistischen Gesetzen beherrschte „Übergangswahrscheinlichkeiten" darstellen sollen, von der Art wie Kolmogoroff diese in seinen Formeln eingeführt hat. Als Ursache für dieses Hineinspielen von „nicht deterministischen" Erscheinungen wird eine unregelmäßige Bildung von Wirbeln an den das Feld begrenzenden Wänden angenommen. (Wo solche Wände nicht vorhanden sind, soll die Turbulenz „entartet" sein.)

Beim Studium des Buches zeigt es sich, daß ein großer Teil von dessen Inhalt auf skizzenhaft beschriebenen Vermutungen beruht. Obwohl es nicht unmöglich ist, daß sich in den Überlegungen verschiedene Punkte vorfinden, die für das Verständnis der Turbulenz von Wichtigkeit sein können, so enthält die Darlegung viel Problematisches, so daß es dem Leser bisweilen schwer ist, ihr zu folgen.

Um etwas von dem Gedankengang des Buches zu betrachten, sei es gestattet anzufangen mit den Gleichungen für die mittlere Bewegung bei der turbulenten Strömung. Dieselben werden (S. 52—58) in zwei Formen aufgestellt, wovon nachher (S. 101) die zweite als die anscheinend richtigere gewählt wird. Für unzusammendrückbare Flüssigkeit und konstante Temperatur erhalten diese Gleichungen mit einigen unwesentlichen Umstellungen folgende Form:

1. Theorie

$$\varrho\frac{\partial u_l}{\partial t}+\varrho\sum u_i\frac{\partial u_l}{\partial y_i}=-\frac{\partial p}{\partial y_l}+\sum\frac{\partial^2}{\partial y_i\partial y_k}(\varrho\, b_{ik}u_l)\,. \quad (1)$$

2. Theorie

$$\varrho\frac{\partial X_l}{\partial t}+\varrho\Big(\sum u_i\frac{\partial X_l}{\partial y_i}-\sum X_i\frac{\partial u_l}{\partial y_i}\Big)=\sum\frac{\partial^2}{\partial y_i\partial y_k}(\varrho\, b_{ik}X_l)\,, \quad (2)$$

wozu in beiden Fällen noch die Kontinuitätsgleichung in der bekannten Gestalt genommen wird (y_1, y_2, y_3:

Koordinaten; u_1, u_2, u_3: Geschwindigkeitskomponenten; X_1, X_2, X_3: Komponenten des Wirbelvektors = Rotation des Geschwindigkeitsvektors; ϱ = Dichte; p = Druck). Die b_{ik} sollen die Komponenten eines Tensors darstellen, welcher einerseits die Wirkungen der Zähigkeit berücksichtigt, andererseits den Einfluß der turbulenten Vermischung in Rechnung bringen muß. Diese beiden Einflüsse sind bei GEBELEIN in den b_{ik} einfach additiv enthalten, wie aus der auf S. 100 gegebenen Zerlegung $b_{ik} = \nu\, \varepsilon_{ik} + \pi_{ik}$ erhellt, wo ν die kinematische Zähigkeit bedeutet, während mit ε_{ik} der sog. Einheitstensor bezeichnet ist: $\varepsilon_{ik} = 1$ oder 0, je nachdem $i = k$ oder $i \neq k$; die π_{ik} sollen jetzt die Komponenten des eigentlichen „Turbulenztensors" darstellen. Die Berechnung der π_{ik} bildet einen wichtigen Teil der Theorie; die erhaltenen Formeln werden angewendet zur Ableitung von Geschwindigkeitsverteilungen und der Verfasser behauptet sodann auf S. 137, daß „die entwickelte Theorie der turbulenten Strömung bei der Anwendung auf das Kreisrohr zu Folgerungen für die Geschwindigkeitsverteilung und für den Widerstand führt, die mit der Erfahrung vollkommen übereinstimmen", womit „der stärkste heute mögliche Nachweis für die Richtigkeit der Theorie des Turbulenztensors erbracht ist". Betrachtet man die dargelegten Rechnungen, so bemerkt man: 1. in allen durchgerechneten Fällen verschwinden bei normaler Wahl des Koordinatensystems die gemischten Glieder aus den b_{ik}, und die Geschwindigkeitsverteilung wird nur von der einzigen Komponente b_{22} bestimmt; 2. die „Übereinstimmung mit der Erfahrung" besteht darin, daß für π_{22} ein mit y^3 proportionaler Ausdruck erhalten wird (y = Wandabstand), der den Anschluß ermöglicht an die Formeln, welche von PRANDTL aus der Theorie des Mischungsweges hergeleitet worden sind. An und für sich ist das letztere natürlich ein merkwürdiges Resultat; alles, was damit aber weiter gerechnet wird (S. 120—137, 140—150), bringt nur eine Wiedergabe der PRANDTLschen Theorie, unter Zuhilfenahme von empirischen Relationen und von kleinen Erweiterungen, die beide in keiner Weise spezifisch sind für die neue Theorie. Auch die auf S. 128 eingeführte Modifikation zur Berücksichtigung der Wandrauhigkeit enthält nichts als Empirie und fällt vollständig in den Kreis der aus den PRANDTL-NIKURADSEschen Arbeiten stammenden Rechnungen.

Wenn wir uns nun zu der statistischen Begründung und zu der Berechnung der Größen b_{ik} wenden, so bekommt man den Eindruck, daß überall die vorgebrachte Begründung der verschiedenen Behauptungen ungenügend ist. Beispielsweise sei erwähnt, daß auf S. 47 behauptet wird, daß „Massendichte, Impulsdichte und Energiedichte drei Beispiele sind für physikalische Größen, die als Wahrscheinlichkeitsverteilungen, und zwar als solche im dreidimensionalen Raum, gedeutet werden können" — eine Behauptung, die begründet wird durch die Überlegung, daß man ein Maß einführen kann für die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins von Molekülen in einem betrachteten Raumelement. Es wird hier aber gar nicht berücksichtigt, daß es einen Unterschied macht, ob man eine Gesamtheit von voneinander vollkommen unabhängigen Molekülen betrachtet, deren Bewegung in einem Phasenraum verfolgt wird, oder ob man sich befaßt mit der Verteilung der Moleküle eines Gases, die sich durcheinander in demselben wirklichen Raum bewegen. Für Moleküle, deren Abmessungen äußerst klein sind im Vergleich zu ihren Abständen, mag der Unterschied unwesentlich sein; der Verfasser jedoch will keine Gastheorie geben, sondern befaßt sich mit „dem Wesen der Strömungsvorgänge", und überläßt es dem Leser zu erraten, welche Objekte in der strömenden Flüssigkeit nun eigentlich als Elemente der Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen dienen sollen, und wie diese Elemente sich in einem dreidimensionalen Raumteil zusammenfinden können. Namentlich wird die Sache bedenklich, wenn man der Begründung des Gleichungssystems (2) nachzuspüren versucht, weil hier anscheinend der Wirbelvektor X auftritt als die Größe, deren statistische Verteilung untersucht werden soll. Es findet sich hier gar nichts über die Gesetze, welche den Transport von Wirbelelementen beherrschen; es werden nur formal einige Gleichungen aufgebaut, und es ist nicht ersichtlich, welchen Sinn man ihnen beilegen muß. Dabei macht die Ableitung der Gleichungen auf S. 54/55 unter dem Schlagwort „Näherungstheorie" Gebrauch von an willkürlichen Stellen eingeführten Umdeutungen, deren Sinn nicht zu erfassen ist. Ebenso ist die Berechnung der mittleren Streuungsgeschwindigkeit auf S. 78—79 unverständlich; die Berechnung der sog. „Zusatzgeschwindigkeiten" auf S. 88 flg. aus den Wandwirbeln nach dem BIOT-SAVARTschen Gesetz, ist ohne nähere Begründung so ausgeführt, als ob man mit Wirbelelementen in einer unendlich ausgedehnten Flüssigkeit zu tun hätte, statt mit Wirbelelementen in unmittelbarer Nähe einer Wand — wo doch die Spiegelbilder zu berücksichtigen wären. Dazu ist es unmöglich, sich ein klares Bild zu machen von der Bedeutung der verschiedenen Zeitfaktoren, die in diesen Rechnungen und in den weiteren „Streuungsmatrizes" auftreten.

Der Referent möchte es daher unterlassen, auch noch einzugehen auf die Ausführungen bezüglich der Frage der Verweilzeit, wie wichtig diese auch für die vorgeschlagene Theorie sein mag. An und für sich ist es nicht unwahrscheinlich, daß die „Verweilzeit" beim Studium der Turbulenz eine große Rolle spielen kann; es muß jedoch bemerkt werden, daß sich darauf beziehende Betrachtungen und Formeln schon bei G. I. TAYLOR vorfinden [vgl. z. B. Proc. Lond. Math. Soc. (2) **20**, 196 (1922)]. Auch die mathematischen Ausführungen GEBELEINS bezüglich ergodischer Systeme mögen dahingestellt bleiben, obwohl auch daran nicht alles ganz einwandfrei zu sein scheint.

Es ist sehr schade, daß HEIT GEBELEIN nicht danach gestrebt hat, die prinzipiellen Seiten seiner Theorie in größerer Klarheit herauszupräparieren, und die darin vorhandenen Lücken deutlich zu kennzeichnen und zu diskutieren, statt dieselben mit vielen philosophischen Redeweisen zu überdecken. Das Buch hätte dann vielleicht einen mehr befriedigenden Eindruck geben können als in der jetzigen Fassung.

J. M. BURGERS, Delft.

Hand- und Jahrbuch der chemischen Physik. Herausgegeben von A. EUCKEN u. K. L. WOLF. Bd. 6, Abschn. I A. J. HENGSTENBERG u. K. WOLF, **Elektronenstrahlen und ihre Wechselwirkung mit Materie.** Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1935. 236 S. und 182 Abbild. 18 cm × 25 cm. Preis brosch. RM 24.—.

Anschließend an eine kurze, historische Übersicht werden in den ersten beiden Kapiteln des Buches die Eigenschaften des freien und des gebundenen Elektrons beschrieben, die experimentellen Ergebnisse der Bestimmung von Ladung und Masse werden mitgeteilt, die Gleichungen für die Bewegung im elektrischen und im magnetischen Feld werden aufgestellt, die SCHRÖDINGERsche und die DIRACsche Gleichung, die Ladungsverteilung nach HARTREE und nach PAULING und THOMAS-FERMI werden diskutiert. Kapitel 3 und 4 bringen die Darstellung der experimentellen Anord-

nungen zur Erzeugung von Elektronenstrahlen und der Methoden zum Nachweis der Strahlung. Im 6. Kapitel werden die klassischen und die wellenmechanischen Theorien der Wechselwirkung zwischen bewegten Elektronen und Materie behandelt. Das umfangreichste Kapitel ist das sechste, dieses enthält die Darstellung der experimentellen Ergebnisse über die Wechselwirkung zwischen bewegten Elektronen und Materie in folgender Unterteilung: Elastische Streuung am Einzelteilchen; Elektronenbeugung an Einkristallen, Polykristallen, Flüssigkeiten und amorphen Substanzen; Ergebnisse der Kristallstrukturforschung, unelastische Stoßvorgänge, summarische Effekte der Wechselwirkung von Elektronen mit Materie.

Die vorstehende Inhaltsübersicht zeigt, daß das Buch das Gesamtgebiet der Elektronenstrahlung umfaßt. Die Darstellung ist ausgezeichnet klar, der Text ist durch gut reproduzierte Abbildungen ergänzt. Es kann bestens empfohlen werden.

F. Trendelenburg, Berlin.

RANDALL, I. T., **Beugung von Röntgenstrahlen und Elektronen.** (The diffraction of X-Rays and Electrons.) London: Chapman and Hall 1934. X, 296 S. und 197 Abb. 15 cm × 23 cm.

Das vorliegende Buch von Randall bringt eine Darstellung der Streuung von Röntgenstrahlen und Elektronen an festen, flüssigen und gasförmigen Substanzen, wobei der Hauptwert auf die nichtkristallinen Streukörper gelegt ist. Hierdurch ergänzt es die zahlreichen und eingehenden Darstellungen, welche über die Bestimmung von Kristallstrukturen mit Hilfe von Röntgenstrahlen bereits bestehen, in außerordentlich erwünschter Weise. Immerhin hat es der Autor (nach Ansicht des Referenten mit Recht) für notwendig erachtet, in einem kurzen Kapitel (24 Seiten) wenigstens die wichtigsten Prinzipien der röntgenographischen Kristallanalyse zusammenzufassen.

Als Übergang zur Flüssigkeit wird im zweiten Kapitel die Streuung sehr kleiner Kriställchen und die hieraus sich ergebende Möglichkeit der Teilchengrößenbestimmung aus der Interferenzbreite behandelt. Die Formeln von Scherrer, Laue und Brill-Pelzer werden entwickelt und diskutiert.

Das nächste Kapitel ist der Streuung von Röntgenstrahlen und Elektronen an Gasen und Dämpfen gewidmet. Hier wird ausführlich die Debye-Ehrenfestsche Formel entwickelt, die Frage des Atomformfaktors theoretisch und experimentell behandelt und schließlich in einer Reihe von Figuren und Tabellen das gegenwärtig zur Verfügung stehende Material wiedergegeben. Die Ergebnisse der Untersuchungen mit Röntgenstrahlen und Elektronen werden eingehend miteinander verglichen.

Kapitel 5 schildert die Zerstreuung von Röntgenstrahlen und als kurzen Anhang auch die der Elektronen an Flüssigkeiten. Es wird, wie in allen Abschnitten, zunächst die Theorie vorangestellt, um ein entsprechend gründliches Verständnis der experimentellen Ergebnisse zu sichern. Der Reihe nach werden hier die Formeln von Raman, Stuart, Prins und Debye besprochen und ihre Bedeutung für die Struktur der Flüssigkeiten klargelegt. Besonders eingehend wird im wesentlichen an Hand der Arbeiten von Stuart sowie von Bernal und Fowler die Struktur des Wassers als Beispiel herangezogen.

Nun folgt ein Abschnitt über amorphe und mikrokristalline Festkörper, in welchem zuerst die Gläser, dann die verschiedenen Modifikationen der Kohle und schließlich die verschiedenen Phosphormodifikationen besprochen werden. Von besonderem Interesse ist hier die ausführliche Darstellung der Verhältnisse beim Kohlenstoff, die im wesentlichen auf Grund der neueren Arbeiten von U. Hofmann und Trendelenburg gegeben wird.

Kapitel 7 enthält eine kurze, aber inhaltsreiche Darstellung der Ergebnisse der Faserstoffanalyse mit Röntgenstrahlen und Elektronen, wobei die Cellulose und ihre Derivate, der Kautschuk und die Polypepdide eingehend besprochen werden.

Das abschließende Kapitel zeigt, wie man Oberflächen mit Hilfe weicher Röntgenstrahlen und langsamer Elektronen untersuchen kann, und welche Folgerungen daraus auf die Struktur und Orientierung der äußersten Teile einer Flüssigkeit bzw. eines Festkörpers zu ziehen sind. Einige Tabellen der wichtigsten Atomformfaktoren für Röntgenstrahlen der Atomradien und der Funktion $\frac{\sin X}{X}$ bilden eine willkommene Bereicherung für den auf diesem Gebiet arbeitenden Forscher.

Das Buch, welches der englischen Tradition entsprechend auch in seinen theoretischen und verhältnismäßig abstrakten Abschnitten leicht faßlich und klar geschrieben ist, verdient besonders die Beachtung der das Gebiet bearbeitenden Fachkollegen. Eine ungewöhnlich große Zahl gut, zum Teil sogar sehr gut wiedergegebener Originaldiagramme bringen die auf dem Gebiet unmittelbar beobachtbaren Erscheinungen dem Leser besonders nahe und kennzeichnen gemeinsam mit den theoretischen Ableitungen das gegenwärtig auf diesem Gebiet herrschende Gleichgewicht zwischen Erfahrung und Theorie in richtiger Weise.

H. Mark, Wien.

Hand- und Jahrbuch der chemischen Physik. Herausg. v. A. Eucken und K. L. Wolf, Band 6, Abschn. II: **Elektrische Leitfähigkeit.** A. Gase (W. Hanle), B. Flüssigkeiten und Lösungen (H. Ulich), C. Nichtmetallische Kristalle (W. Flechsig). Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1933. XII, 342 S. und 104 Abbild. 17 cm × 25 cm. Preis brosch. RM 32.—.

In dem ersten Beitrag (W. Hanle) dieses Buches kommt besonders deutlich das Bestreben zum Ausdruck, ein in seinen Erscheinungen äußerst reiches und verwickeltes Gebiet auf Grund der heutigen Kenntnisse über die Elementarvorgänge systematisch aufzubauen. Die wachsende Fülle des Stoffes wird wohl allgemein in solchen Darstellungen, die auch einem Fernerstehenden auf beschränktem Raum einen gut gestützten Überblick oder gar einen kritischen Einblick eröffnen sollen, die früher angebrachte und meist auch eingehaltene historische Ordnung nicht mehr zulassen. Der systematische Aufbau des Artikels macht ihn zu einer sehr geeigneten, dank seiner Prägnanz auch pädagogisch durchaus geglückten Einführung in die gesamte Lehre der elektrischen Leitfähigkeit; zur Abrundung wären vielleicht nur noch einige Hinweise auf die Verschiedenheiten der Verhältnisse in den einzelnen Formarten wünschenswert gewesen (so z. B. ein Vergleich der Rolle der Stokesschen Formel). Der Referent kann im einzelnen die Treffsicherheit der gebotenen Auswahl aus dem gewaltigen Tatsachenmaterial nicht beurteilen; maßgebend bleibt der Eindruck eines scharf geformten Bildes, in dem die grundsätzlichen Fragen besonders deutlich erscheinen.

In dem zweiten Beitrage stellt H. Ulich die Gesetze der Ionenwanderung in unendlich verdünnten Lösungen und ihre Deutung in den Vordergrund, also ebenfalls den „Grundvorgang", nämlich die Bewegung des einzelnen Ions. Es wird dann folgerichtig die Beschreibung auf die Verhältnisse in zunächst sehr ver-

dünnten, dann immer konzentrierteren Lösungen, bis zu den Salzschmelzen ausgedehnt. Die eingehende Diskussion des Gebietes, in dem die individuellen Ioneneigenschaften in den Meßgrößen hervortreten, bestätigt den Eindruck, daß es hier noch an wirklich günstig gewähltem Material für deutliche Entscheidungen fehlt. Der Bericht von ULICH stellt in gründlicher und vielseitiger Diskussion einen vorzüglichen Überblick über die Lage des ganzen Leitfähigkeitsgebietes dar, in dem es sich im wesentlichen um den weiteren Ausbau auf zuverlässig festliegenden Grundlagen handeln wird. Der dritte Beitrag von W. FLECHSIG trägt in seinen ersten Abschnitten der Tatsache Rechnung, daß einwandfreie Messungen an nichtmetallischen Kristallen sehr schwierig sind. Das Gebiet ist bekanntlich gegenwärtig in lebhafter Entwicklung begriffen, zumal man vermutlich aus einer sachgemäßen Diskussion der Leitfähigkeitserscheinungen noch wertvolle Aufschlüsse über den Feinbau der Realkristalle und den technisch so wichtigen elektrischen Durchschlag erhoffen kann. Der Artikel ist ebenfalls für eine Orientierung über die Hauptfragen der Leitfähigkeit in festen Nichtmetallen gut geeignet, so daß der ganze Band als gleichmäßig gelungen anzusprechen ist. Der Gebrauch ist zudem erfreulicherweise durch das gleichzeitig mitgelieferte Register sehr erleichtert.

L. EBERT, Karlsruhe.

LOUIS DE BROGLIE, **L'électron magnétique. (Theorie de Dirac.)** Paris: Hermann & Cie. 1934. VIII, 315 S. und 4 Abbild. 16 cm × 25 cm. Preis geh. 100 frs.

Seit der endgültigen Aufstellung und Durchführung der Quanten- und Wellenmechanik, und seit den wichtigsten Prüfungen der neuen Theorie an konkreten Einzelproblemen, durch welche die Überzeugung von der Richtigkeit dieser Theorie zuverlässig begründet wurde, hat kaum ein anderer Fortschritt der Quantentheorie so großes Aufsehen erregt und so berechtigte Bewunderung gefunden, wie DIRACS Theorie des Drehelektrons. Obwohl einerseits ganz in den Rahmen der allgemeinen Quantenmechanik fallend und nichts anderes, als eine spezielle Anwendung und Ausführung der Grundsätze dieser Theorie darstellend, greift sie doch andererseits wesentlich über die Grenzen der vorangegangenen Theorien hinaus. Jene merkwürdigen und früher so geheimnisvollen Eigenschaften des Elektrons, welche sich vor allem im anomalen Zeemaneffekt und in den Röntgendubletts offenbaren, und welche einerseits durch relativistische Gesetzmäßigkeiten (SOMMERFELD), andererseits durch die ad hoc eingeführte Hypothese des Elektronendralles (GOUDSMIT-UHLENBECK) eine vorläufige Deutung erhielten — sie wurden durch die DIRACsche Theorie in einer wunderbar tiefen und überraschenden Weise erfaßt und verstanden als zwangsläufiges Ergebnis des Zusammenwirkens von Relativitäts- und Quantengesetzen in der Dynamik des Elektrons. Die beiden großen Theorien der modernen Physik, Quantentheorie und Relativitätstheorie, treten hier in engster Harmonie und Verschmelzung auf; und die Relativitätstheorie erhielt eine nachträgliche, unerwartete Bereicherung durch die Aufdeckung physikalischer Größen („Spinoren"), welche den gewohnten „Tensoren" zwar nahe verwandt, aber doch charakteristisch von ihnen verschieden sind. Nicht weniger stark jedoch war die Anziehungskraft, welche die DIRACsche Theorie gerade *deshalb* auf die Physiker ausübte, weil neben ihren erstaunlichen Erfolgen und Leistungen auch große, grundsätzliche *Schwierigkeiten* (negative Energien!) zutage traten, die zum Anlaß und Gegenstand vieler scharfsinniger Untersuchungen geworden sind. Es blieb DIRAC selbst vorbehalten, in seiner berühmten „*Löchertheorie*" nicht nur den Ausweg aus diesen Schwierigkeiten zu finden, sondern zugleich zu ganz neuen Folgerungen zu gelangen, die erst Jahre hernach ihre glänzende Rechtfertigung durch die experimentelle Entdeckung der *Positronen* gefunden haben.

Es wird für die Physiker besonders reizvoll sein, eine zusammenfassende Übersicht über die vielen, weitverzweigten Untersuchungen, die bis heute zur DIRACschen Theorie vorliegen, aus der Feder des theoretischen Entdeckers der Materiewellen zu lesen. Das DE BROGLIEsche Buch behandelt diesen Gegenstand mit größter Gründlichkeit. Ein volles Drittel des Buches ist einleitenden und vorbereitenden Darlegungen gewidmet: die vielen Probleme, welche durch die DIRACsche Theorie ihre Erledigung gefunden haben, werden ausführlich geschildert in ihrem Zustand *vor* der DIRACschen Theorie. Der Leser wird also gründlich vorbereitet, die Leistung und den Wert der neuen Theorie selber zu erkennen. Und die Systematik dieser Darstellung wird auch einem noch keineswegs mit der heutigen Quantentheorie voll Vertrauten den Weg zum Verständnis der DIRACschen Theorie leicht machen: Anfangend mit der ursprünglichen BOHR-SOMMERFELDschen Theorie des H-Atoms führt uns DE BROGLIE durch die Gesetzmäßigkeiten der Alkalispektren, der Röntgenspektren und des anomalen ZEEMANN-Effekts und seiner anschaulichen Deutung nach GOUDSMIT-UHLENBECK bis zur eingehend behandelten Wellenmechanik des Elektrons in ihrer Vor-DIRACschen Form.

Das zweite Drittel des Buches ist dann der allgemeinen DIRACschen Theorie gewidmet; nach der Aufstellung der DIRACschen Gleichung, dem Nachweis ihrer Invarianz usw., folgt die Vorführung einer Reihe von allgemeinen Ergebnissen dieser Theorie, welche durch die Untersuchungen verschiedener Verfasser erzielt worden sind. Vorangestellt ist diesem zweiten Teil des Buches eine kurze Erläuterung der DARWIN-PAULISchen „Zweikomponententheorie", deren *positive Bedeutung* jedoch unseres Erachtens zu wenig hervorgehoben ist: der Leser erfährt nicht recht, daß für alle Anwendungen der DIRACschen Theorie im Gebiet der *optischen* Spektren tatsächlich die approximative DARWIN-PAULIsche Theorie vollkommen ausreicht, daß ferner diese approximative Theorie tatsächlich eine unter bestimmten Voraussetzungen durchaus richtige, gültige Annäherung an die exakte DIRACsche Theorie ist, und daß sie den großen Vorzug besitzt, nicht mitbetroffen zu werden von den Schwierigkeiten bzw. Komplikationen der DIRACschen Theorie (negative Energien).

Der dritte Teil enthält die Durchführung der speziellen Anwendungen der Theorie (Feinstrukturformel; Zeeman-Effekt; Untersuchung der sog. „Polarisation" der Elektronenwellen), sowie ferner die Darstellung der Schwierigkeit der negativen Energien und einiger diesbezüglicher genauerer Untersuchungen (SCHRÖDINGERsche Zitterbewegung). Die DIRACsche Löchertheorie ist jedoch in diesen Bericht noch nicht miteinbezogen.

P. JORDAN, Rostock.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor HANS MATTHÉE, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.

ELFTER JAHRGANG AUGUST 1935 · NR. 3

LORENZ OKEN

MITTEILUNGEN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

Bericht des Vorstandes der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte über den Rechnungsabschluß 1934.

Erläuterungen zur Bilanz 1934.

Leider ist der Rückgang in der Mitgliederzahl der Gesellschaft auch im Berichtsjahr noch nicht zum Stillstand gekommen. Durch den Tod verloren wir 135 Mitglieder, und 570 Mitglieder mußten wir zu unserem größten Bedauern streichen, weil sie trotz mehrfacher Mahnung ihren Zahlungsverpflichtungen nicht nachgekommen sind. Die Zahl der Neuanmeldungen zu unserer Gesellschaft betrug im Berichtsjahr 231, so daß insgesamt eine Verminderung im Mitgliederbestand von 474 eintrat. Entsprechend verminderten sich die Beiträge.

Es steht zu hoffen, daß die vom Vorstand beschlossenen Maßregeln eine Wiedererhöhung des Mitgliederbestandes zur Folge haben werden.

Zu diesen Werbemaßnahmen gehört die kostenlose Übersendung der „Verhandlungen" der 93. Versammlung an alle Mitglieder und Teilnehmer der Versammlung. Hierfür sind 5000 RM. zuzüglich einer kleinen Sondereinnahme in der vorliegenden Bilanz bereitgestellt worden.

Wir bitten aber auch an dieser Stelle unsere Mitglieder, in ihren Kollegen- und Bekanntenkreisen neue Mitglieder für die Gesellschaft zu werben.

Gewinn- und Verlust-Rechnung.

Einnahmen: Durch den noch nicht zum Stillstand gekommenen Rückgang in der Mitgliederzahl hat das Beitragskonto eine Senkung um etwa RM. 1500,— gegenüber dem Vorjahre erfahren. Dieser Ausfall konnte durch weitere Einschränkung der Ausgaben wettgemacht werden.

Die 93. Versammlung in Hannover hat, trotzdem der Besuch sich in bescheidenen Grenzen hielt, dank der außerordentlich zielbewußten und sparsamen Wirtschaft der örtlichen Geschäftsstelle und dank des Entgegenkommens der Stadtverwaltung Hannover nicht nur ohne Verlust abgeschnitten, sondern noch einen kleinen Überschuß erbracht.

Ausgaben: Allgemeine Unkosten stellten sich auf RM. 6270,46.

Die vom Vorstand an Institute und Hochschullehrer für Forschungszwecke bewilligten Zuwendungen betrugen		RM. 8650,—
hiervon konnten wegen Transferverweigerung seitens der Devisenüberwachungsstelle folgende Subventionen im Berichtsjahr nicht überwiesen werden:		
Zoologische Station Neapel	RM. 2000,—	
Dtsch. Ges. Prakt. Ärzte, Reval, Teilbetrag	„ 500,—	
Biologische Station Lunz, Teilbetrag	„ 400,—	RM. 2900,—
Es sind somit tatsächlich im Jahre 1934		RM. 5750,—

ausbezahlt worden, während der Rest von RM. 2900,— zurückgestellt ist und den Empfängern übermittelt werden soll, sobald die behördliche Genehmigung dazu vorliegt. Eine solche wurde inzwischen zugunsten der Zoologischen Station Neapel erteilt, so daß der für Neapel vorgesehene Betrag von RM. 2000,— nachträglich im Jahre 1935 bezahlt werden konnte.

Die Gesamteinnahmen des Geschäftsjahres 1934 entwickelten sich wie folgt:

Vortrag aus Vorjahren	RM. 7627,20
Mitgliederbeiträge	„ 20762,86
Überschuß der 93. Versammlung	„ 235,89
Effektenverkäufe	„ 141,19
Zinsen	„ 6968,91
Zuschuß aus der Bleichröder-Stiftung	„ 1645,—
	RM. 37381,05

Die Gesamtausgaben betrugen	RM. 23119,46	
Die Rückstellungen betrugen	„ 6500,—	RM. 29619,46
Der hiernach verbleibende Überschuß von		RM. 7761,59

der sich ungefähr mit dem Vortrag aus den Vorjahren deckt, wird auf neue Rechnung vorgetragen.

Das Ergebnis des Rechnungsjahres 1934 für sich, also ohne den Vortrag der Vorjahre, stellt sich wie folgt:

Gesamteinnahmen	RM.	29753,85
Gesamtausgaben	„	29619,46
Überschuß des Jahres 1934	RM.	134,39

Das Ergebnis entspricht somit den Erwartungen des Voranschlages für 1934, in dem mit einem Ausgleich der Einnahmen und Ausgaben gerechnet wurde.

Reiseunterstützungsfonds: Auf Anregung von Herrn Prof. HUEBSCHMANN wurde ein Fonds gegründet, dessen Erträgnisse dazu dienen sollen, jüngeren, wissenschaftlich arbeitenden Naturforschern und Medizinern die Fahrtkosten zu den Versammlungen zu vergüten.

Es sind bisher für diesen Fonds folgende Zuwendungen erfolgt:

Prof. HUEBSCHMANN, Düsseldorf	RM.	200,—
I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft	„	5000,—
Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte	„	2132,59
Zinseinnahmen	„	16,41
	RM.	7349,—

Mitgliederbewegung:

Mitgliederbestand am 1. Januar 1934		4798
Neuanmeldungen 1934		231
		5029
gestorben	135	
gestrichen	570	705
Bestand an 31. Dezember 1934		4324

Beitragseingang:

Mitgliederbestand am 31. Dezember 1934		4324
davon lebenslängliche Mitglieder ohne Beitrag	47	
mit der Zahlung im Rückstand	208	255
demnach verbleiben zahlende Mitglieder		4069

Wuppertal-Elberfeld, im Mai 1935. gez. Prof. Dr. HÖRLEIN, Schatzmeister.

Bilanz per 31. Dezember 1934.

Aktiva:	RM	*Passiva:*	RM
Effekten	84713,—	Vermögen	100000,—
Postsparkasse	195,—	Rückstellungen:	
Chemie Rev.- u. Treuhand-Ges. m. b. H.	28191,41	für Verhandlungen	5086,68
Leipzig, Kleine Kasse	500,—	für noch nicht transferierte Subventionen	2000,—
Forderungen aus Vorlagen für die 93. Verslg.	6071,76	für Herausgabe d. Geschichte d. Gesellsch.	4000,—
Forderungen aus Vorlagen für die 94. Verslg.	77,10	Überschuß	7761,59
	119748,27		119748,27

Gewinn- und Verlustrechnung per 31. Dezember 1934.

Ausgaben:	RM	*Einnahmen:*	RM
Unkosten	6270,46	Vortrag 1933	7627,20
Chemie Rev.- u. Treuhand-Ges. m. b. H.	2000,—	Beiträge	20762,86
Honorare	6000,—	93. Versammlung, Überschuß	235,89
Subventionen:		Effektenverkäufe	141,19
ausgezahlt RM 5750,—		Zinsen	6968,91
noch zu transferieren „ 2900,—	3650,—	Bleichröder-Zuschuß	1645,—
Abschreibung auf Effekten	199,—		
Rückstellungen:			
für Verhandlungen	2500,—		
für Herausgabe d. Geschichte d. Gesellsch.	4000,—		
Überschuß	7761,59		
	37381,05		37381,05

Vorstehende Bilanz haben wir geprüft und mit den Büchern in Übereinstimmung gefunden.
Berlin, den 8. Mai 1935. (gez.) OTTO HAHN. (gez.) A. BERLINER.

Effektenbestand per 31. Dezember 1934.

			Buchwert RM
GM.	50000,—	8% Westd. Bod. Cred. Pfdbr.	40000,—
RM.	36000,—	I. G. Farben Aktien	34560,—
RM.	9000,—	I.G. Farben Schuldverschreibg.	7000,—
RM.	640,—	Adca Aktien	364,—
RM.	2000,—	Bibl. Inst. Leipzig Aktien	490,—
GM.	800,—	Riquet Aktien	400,—
RM.	240,—	Kokswerke Aktien	100,—
Sfrs.	3500,—	I. G. Chemie Basel Aktien 50%	1799,—
			84713,—

Subventionen 1934.

	RM
Herderinstitut	2000,—
Biol. Station Lunz	600,—
Dt. Gesellschaft Prakt. Ärzte, Reval	500,—
Kaiser Wilhelm-Gesellschaft	500,—
Int. Pflanzengeogr. Station Montpellier	400,—
Diergardt-Bonn	500,—
Prof. Hennig, Tübingen	1000,—
Dr. Esser, Düsseldorf	250,—
	5750,—
Wegen abgelehnter Devisenbewilligung konnten im Jahre 1934 nicht überwiesen werden:	
Zoolog. Station Neapel	2000,—
Biolog. Station Lunz	400,—
Dt. Gesellschaft Prakt. Ärzte, Reval	500,—
	8650,—

Bilanzen per 31. Dezember 1934.

Bleichröder-Stiftung.

Aktiva:	RM	*Passiva:*	RM
Effekten:		Vermögen	24035,—
GM. 10000,— Pr.Ztr.Stadtsch. Gold-Pfandbrief	8000,—		
RM. 12000,— I. G. Aktien	11520,—		
RM. 3000,— I. G. 6% Anl.	2200,—		
Sfrs. 1500,— I. G. Chemie Basel Akt. 50%	800,—		
Chemie Rev.- u. Treuhand-Ges. m. b. H.	1515,—		
	24035,—		24035,—

Gewinn- und Verlustrechnung.

Ausgaben:	RM	*Einnahmen:*	RM
Unkosten	7,06	Zinsen	1652,06
Ges. Dtsch. Naturforsch. u. Ärzte-Zinsüberschuß	1645,—		
	1652,06		1652,06

Trenkle-Stiftung.

Aktiva:	RM	*Passiva:*	RM
Guthaben bei der Chemie Revisions- und Treuhand-Gesellschaft m. b. H.	2190,—	Überschuß	2190,—
	2190,—		2190,—

Gewinn- und Verlustrechnung.

Ausgaben:	RM	*Einnahmen:*	RM
Unkosten	1,14	Vortrag 1933	2115,—
Überschuß	2190,—	Zinsen	76,14
	2191,14		2191,14

Vorstehende Bilanzen haben wir geprüft und mit den Büchern in Übereinstimmung gefunden.
Berlin, den 8. Mai 1935. (gez.) Otto Hahn. (gez.) A. Berliner.

Voranschlag für das Jahr 1935.

Einnahmen:	RM	*Ausgaben:*	RM
Mitgliederbeiträge	20500,—	Allgemeine Unkosten	8000,—
Zinsen	6000,—	Honorare der Sekretäre	6000,—
Bleichröder-Zuschuß	1500,—	Chemie Revisions- und Treuhand-Gesellschaft m. b. H.	2000,—
		Subventionen	9500,—
		Verhandlungen	2500,—
	28000,—		28000,—

Die Abrechnung für 1934 ist laut § 18 der Satzungen vom Vorstand genehmigt und dem Schatzmeister Entlastung erteilt worden.
i. A.: B. Rassow, geschäftsführender Sekretär.

Nachrichten

des „Zweckverbandes" der Deutschen Naturwissenschaftlichen und Medizinischen Kongresse.

Reichsverband Deutscher Mathematischer Gesellschaften und Vereine (M. R.). Vors.: Prof. Dr. Hamel, Berlin W 30; Schriftführer: Studienrat Zabel, Berlin-Neutempelhof, Dreibundstr. 43.

Der *11. Deutsche Physiker- und Mathematikertag* findet in der Zeit von Sonntag, den 22., bis Sonnabend, den 28. September 1935 in Stuttgart statt.

Gleichzeitig halten die *Deutsche Physikalische Gesellschaft* ihre ordentliche Geschäftsversammlung, die *Deutsche Gesellschaft für technische Physik* ihre 16. Jahrestagung, die *Deutsche Mathematikervereinigung* und die *Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik* ihre Mitgliederversammlungen, der *Mathematische Reichsverband* ihre Jahresversammlung ab. Anmeldungen zur Teilnahme erbeten an: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. K. Scheel, Berlin-Dahlem, Habelschwerdterallee 28.

Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik. Vors.: Prof. Dr. L. Prandtl, Göttingen; Geschäftsführer: Prof. Dr.-Ing. C. Weber, Dresden, Hindenburgstr. 15. — Die Tagung findet vom 26. bis 28. September 1935 in Stuttgart statt.

Deutsche Physikalische Gesellschaft. Geschäftsführer: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Karl Scheel, Berlin-Dahlem; Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 5, Königsweg 20. — Die Tagung ist auf die 4. Septemberwoche 1935 in Stuttgart verlegt worden.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft. Vors.: Geheimrat Prof. Dr. A. Schmauss, München 2 NW, Gabelsbergerstr. 55. — Die Tagung findet vom 25. bis 27. August 1935 in *Danzig* statt. Im unmittelbaren Anschluß hieran tagen die *Internat. Agrarmeteorologische Kommission* und die *Internat. Klimatologische Kommission* ebenfalls in Danzig.

Deutsche Mineralogische Gesellschaft. Vors.: Prof. Dr. F. K. Drescher-Kaden, Berlin-Charlottenburg; Geschäftsstelle: Berlin W 35, Schönebergerufer 12a. — Als diesjähriger Tagungsort ist *Tübingen* gewählt worden; endgültiger Zeitpunkt wird noch angegeben.

Deutsche Geologische Gesellschaft. Vors.: Prof. Dr. Schucht, Berlin N 4; Geschäftsstelle: Berlin N 4, Invalidenstr. 44. — Hauptversammlung vom 1. bis 7. September 1935 in Würzburg.

Gesellschaft für Höhlenforschung und Höhlenkunde. Geschäftsstelle: Landgerichtsrat Dr. Wolf, Berlin

SW 61, Hornstr. 6; Vors.: Prof. Dr. M. HILZHEIMER, Berlin-Charlottenburg. — Eine Tagung findet 1935 nicht statt, sondern nur die laufenden Vereinssitzungen mit Vorträgen.

Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft. Vors.: Prof. Dr. F. SCHUCHT, Berlin N 4, Invalidenstr. 42; Geschäftsführung: Prof. Dr. F. GIESECKE, Berlin-Dahlem, Lentzeallee 55/57, Institut für Pflanzenernährungslehre und Bodenbiologie der Universität. — 2. Tagung 1935 in Verbindung mit der *Reichsarbeitsgemeinschaft Landwirtschaftchemie* und dem *Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungsanstalten* in Würzburg am 16. bis 21. September 1935.

Deutsche Botanische Gesellschaft. Schriftführer: Prof. Dr. B. LEISERING, Berlin NO 43, Am Friedrichshain 15; Präsident: Prof. Dr. H. SIERP, Köln-Zollstock. — Die Mitgliederversammlung findet am Donnerstag, den 29. August 1935 um 15 Uhr in *Köln* im Botanischen Institut, Zollstock, Vorgebirgstr. 51, statt. Die *Botanikertagung* in *Köln* vom 28. August bis 2. September 1935 ist eine gemeinsame Tagung der *Deutschen Botanischen Gesellschaft*, der *Freien Vereinigung für Pflanzengeographie und systematische Botanik* und der *Vereinigung für angewandte Botanik*.

Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts. Geschäftsführer: Stud.-Rat Dr. E. DEHN, Berlin-Neuheiligensee, An der Wildbahn 76. — In der am 14. April d. J. in Kiel stattgefundenen Vorstandssitzung wurden folgende Beschlüsse gefaßt: Der Verein tritt dem NS.-Lehrerbund als körperschaftliches Mitglied bei, der jährliche Mitgliedsbeitrag von 6 RM. wird für Studenten, Referendare und Assessoren, deren monatliche Einnahmen 100 RM. nicht überschreiten, auf RM. 3,50 herabgesetzt, Der Vorstand setzt sich im Vereinsjahr 1935/36 wie folgt zusammen: 1. Vorsitzender und Fachvertreter für Physik Oberstudiendirektor Dr. ERICH GÜNTHER in Dresden, 2. Vorsitzender und Fachvertreter für Mathematik Oberstudiendirektor Dr. KUNO FLADT in Tübingen, 1. Schriftführer Oberstudiendirektor FRIEDRICH WILHELM PFERSDORFF, 2. Schriftführer Studienrat Prof. Dr. WALTHER FRANCK in Hamburg, Geschäftsführer Stud.-Rat Dr. E. DEHN, Berlin-Neuheiligensee. Zum Ort der nächsten Hauptversammlung wurde *Karlsruhe* gewählt.

Deutsche Gesellschaft für Geschichte der Medizin, Naturwissenschaft und Technik. Vors.: Prof. Dr. PAUL DIEPGEN; Geschäftsstelle: Berlin NW 7, Universitätsstraße 3b, Institut f. Gesch. d. Med. u. d. Naturwiss. — Die diesjährige Tagung findet vom 30. August bis 2. September 1935 in *Bamberg* statt.

Deutsche Pharmakologische Gesellschaft. Vors.: Prof. Dr. SIGURD JANSSEN, Freiburg i. Br., Pharmakologisches Institut. — Der Kongreß wurde von Ende Juli auf die 2. Oktoberhälfte 1935 verlegt.

Anatomische Gesellschaft. Vors.: Prof. Dr. H. STIEVE, Halle a. d. S.; Geschäftsstelle: Prof. Dr. EGGELING, Schriftführer, Breslau 16, Robert Koch-Str. 6a. — Die Tagung wird vom 26. bis 28. August 1935 in *Jena* abgehalten.

Deutsche Röntgen-Gesellschaft (Reichsgesellschaft der Deutschen Röntgenärzte). Leiter: Prof. Dr. med. KARL FRIK, Berlin NW 87, Brückenallee 22. — Die nächste Tagung findet im Frühjahr 1936 in Wiesbaden statt; nähere Angaben folgen.

Deutsche Gesellschaft für Unfallheilkunde, Versicherungs- und Versorgungsmedizin. Vors.: Geh. Med.-Rat Prof. Dr. A. BORCHARD, Geschäftsstelle: Prof. Dr. M. ZUR VERTH, Schriftführer, Hamburg 36, Fontenay 8. — Der diesjährige Unfallkongreß findet am 18. und 19. Oktober in *Berlin* im Langenbeck-Virchow-Haus statt. Als Hauptreferate sind vorgesehen: Operationsduldung unter besonderer Berücksichtigung der Narkosegefahr in der Unfallmedizin. Unfall und unfallfremde Faktoren; Erfahrungen bei ihrer Regelung nach dem Schweizer Unfallversicherungsgesetz. Lunge und Versicherung. Alle an der Unfallmedizin interessierten Kreise werden zum Beitritt zur Deutschen Gesellschaft für Unfallheilkunde, Versicherungs- und Versorgungsmedizin, sowie zur Teilnahme am Kongreß aufgefordert. Meldung beim Schriftführer der Gesellschaft, Prof. Dr. ZUR VERTH, Hamburg 36, Fontenay 8. Nichtmitglieder zahlen für Teilnahme am Kongreß eine Unkostengebühr von 5 RM. Anmeldung von Vorträgen und Demonstrationen erbeten bis 1. September d. J. an den Schriftführer der Gesellschaft.

Deutsche Orthopädische Gesellschaft. Vors.: Prof. Dr. GOCHT, Berlin NW 6, Luisenstr. 3; Schriftführer: Dir. Prof. Dr. SCHEDE, Leipzig C 1, Phil.-Rosenthalstr. 53a/b. — Der diesjährige Kongreß findet in der Zeit vom 2. bis 4. September in *Köln* statt, und tagt unter der Leitung von Prof. HACKENBROCH.

Gesellschaft Deutscher Neurologen und Psychiater (Gesellschaft Deutscher Nervenärzte und Deutscher Verein für Psychiatrie). Reichsleiter der Gesellschaft: Prof. Dr. RÜDIN, München; Reichsgeschäftsführer: Prof. Dr. NITSCHE, Pirna a. d. E., Sonnenstein. — Die 1. Jahresversammlung findet in Dresden vom 1. bis 4. September 1935 statt.

Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Jahrespräsident: Prof. Dr. SCHRÖDER, Berlin; Präsident: Prof. Dr. EULER, Breslau; Geschäftsstelle: Berlin-Schlachtensee, Heimstättenstr. 20. — Infolge des Reichsparteitages wurde der VII. Deutsche Zahnärztetag verlegt. Er findet vom 3. bis 6. Oktober 1935 in Berlin im Langenbeck-Virchow-Haus statt, in Verbindung mit der 72. Tagung der Gesellschaft. Das Hauptthema der Tagung lautet: Prothetik und Werkstoffkunde.

Reichsverband der Zahnärzte Deutschlands. Reichszahnärzteführer: Dr. ERNST STUCK, Leipzig, Roßplatz 6, Reichsgeschäftsstelle: Berlin W 57, Bülowstr. 104. — Der Verband tagt zu gleicher Zeit wie die *Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde* vom 3. bis 6. Oktober 1935 in Berlin, ebenfalls im Langenbeck-Virchow-Haus, während die dazugehörige Industrie-Ausstellung im Rahmen der „Deutschen Dental-Schau" in den Ausstellungsräumen des Zoologischen Gartens gezeigt wird.

Deutsche Gesellschaft für gerichtliche und soziale Medizin. Vors.: Prof. Dr. PIETRUSKY, Bonn a. Rh.; Schriftführer: Prof. Dr. B. MUELLER, Göttingen, Geiststraße 7. — Die diesjährige Tagung findet in der Zeit vom 4. bis 7. September 1935 in München statt.

Der *Forschungsdienst* (Reichsarbeitsgemeinschaften der Landwirtschaftswissenschaft) veranstaltet in der Zeit vom 16. bis 21. September 1935 in Würzburg eine *gemeinsame Tagung* der *Reichsarbeitsgemeinschaft „Landw. Chemie"*, der *Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* und des *Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungsanstalten*. Anfragen sind zu richten an die Geschäftsstelle des Forschungsdienstes, Berlin SW 11, Dessauerstr. 14.

Der Internationale Kongreß für Bevölkerungswissenschaft findet in der Woche vom 26. August bis 1. September 1935 in *Berlin* statt. Ehrenpräsident: Dr. WILH. FRICK, Reichs- und Preuß. Minister des Innern; Vors.: Prof. Dr. EUGEN FISCHER, Berlin-Dahlem; Geschäftsstelle: Berlin W 62, Einemstr. 11.

Internationale Medizinische Woche in der Schweiz, veranstaltet von der Schweizerischen Medizinischen Wochenschrift, vom 9. bis 14. September 1935 in Montreux. Geschäftsstelle: Sekretariat der Intern. Mediz. Woche in der Schweiz, Basel, Klosterberg 27.

Verantwortlich für die Schriftleitung Prof. Dr. RASSOW, Leipzig C 1, Gustav Adolfstr. 12.